INSTITUT DE RECHERCHE
D'HYDRO-QUÉBEC

RAPPORT D'ACTIVITÉ 1985

IREQ

LISTE DES SIGLES

ACE	Association canadienne de l'électricité
AISI	American Iron and Steel Institute
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
CEI	Commission Électrotechnique Internationale
CNRC	Conseil national de recherches du Canada
CODATEL	Corporation de développement et d'application de technologies électriques (Québec)
EPRI	Electric Power Research Institute (États-Unis)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (États-Unis)
INRS-ÉNERGIE	Institut national de la recherche scientifique (Québec)
MIT	Massachusetts Institute of Technology (États-Unis)
RTBJ	Réseau de transport de la Baie James

Page couverture :
Barres d'alimentation d'un électrolyseur unipolaire de 100 kA à l'usine expérimentale de production d'hydrogène de l'IREQ à Varennes.

TABLE DES MATIÈRES

5 **Présentation du vice-président exécutif, Technologie et Affaires internationales, et directeur de l'Institut**

9 **Transport de l'énergie**

10 *Comportement électrique des lignes de transport*
11 *Isolation interne*
13 *Mécanique des lignes et Vibrations*
15 *Techniques de mesures et d'essais à haute tension*
16 *Laboratoire Haute tension*

19 **Matériel électrique**

20 *Matériel de conversion d'énergie électrique*
22 *Appareillage de connexion*
24 *Laboratoire Grande puissance*

27 **Ingénierie des systèmes**

28 *Méthodes de gestion et d'analyse numérique de réseaux*
30 *Études et Simulation de réseaux*
31 *Automatismes, Mesures et Communications*
33 *Systèmes d'acquisition et de traitement des données*

35 **Production et Utilisation de l'énergie**

36 *Électrotechnologies industrielles et Conversion d'énergie*
38 *Éoliennes*
39 *Fusion*
40 *Hydrogène et Électrochimie*
42 *Isolants électriques*
45 *Métallurgie et Technologie du nucléaire*
47 *Applications industrielles des plasmas*

49 **Activité commerciale**

53 **Collaborations avec les universités**

56 **Comité de gestion de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec**

59 **Prix et distinctions**

PRÉSENTATION DU VICE-PRÉSIDENT EXÉCUTIF, TECHNOLOGIE ET AFFAIRES INTERNATIONALES, ET DIRECTEUR DE L'INSTITUT

Les résultats obtenus au cours de l'année écoulée ont reflété les efforts consentis pour rentabiliser davantage les activités de l'entreprise et de son Institut de recherche qui reste un grand centre d'études et d'essais au service d'Hydro-Québec et de l'industrie.

Dans le cadre des services rendus à l'entreprise, signalons les études sur le courant continu concernant les postes d'interconnexion Madawaska, Châteauguay et des Cantons ainsi que l'essai des valves à thyristors destinées au poste des Cantons qui reliera le réseau d'Hydro-Québec à celui de la Nouvelle-Angleterre. L'IREQ a aussi adapté ses programmes d'analyse de réseaux pour permettre aux planificateurs de simuler un réseau multiterminal en vue de la conception de la sixième ligne du RTBJ. De plus, l'IREQ a terminé la qualification des parafoudres sacrificiels destinés au RTBJ et déposé le rapport final sur la qualification des disjoncteurs à 735 kV pour interruption en discordance de phase et coupure de ligne.

En ce qui a trait aux postes, les essais in situ d'une unité mobile pour vérifier l'état de l'appareillage ont été concluants. L'entreprise a donc pu commander 12 de ces unités pour répondre à ses besoins. En outre, un procédé de soudage mis au point à l'IREQ a permis à Hydro-Québec de réparer pour la première fois un arbre de turbine fissuré. L'application de cette technique entraînera d'importantes économies de temps et d'argent par rapport au remplacement d'un arbre.

Quant aux travaux qu'il a réalisés pour des clients extérieurs, notons que dès le mois de mars, grâce à une aire d'essais aménagée à l'extérieur du laboratoire Haute tension en raison d'un incendie qui l'avait partiellement détruit quatre mois auparavant, les essais des transformateurs ont repris et s'y sont déroulés toute l'année. L'IREQ a poursuivi avec Cegelec Industrie Inc. la mise au point des disjoncteurs à SF_6 conçus pour fonctionner à très basse température, et avec la société Joslyn, le développement d'un parafoudre à oxyde de zinc entièrement sécuritaire.

Sur la scène internationale, les travaux du projet Sonelgaz visant l'implantation d'un centre de contrôle et d'essais en Algérie se sont poursuivis. Par ailleurs, l'IREQ fournit des services d'assistance technique à l'Instituto de Investigaciones Eléctricas du Mexique en vertu d'une entente signée entre Hydro-Québec et l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel.

Les activités reliées à la commercialisation de produits nouveaux ont été multiples. Il y a eu la vente au Public Utilities Board de Singapour et la location à la Société d'ingénierie de Montréal de progiciels d'analyse de réseau. La commercialisation de logiciels devrait d'ailleurs prendre de l'expansion avec la création de Cyme International Inc., une filiale qui se spécialisera dans la vente de logiciels sophistiqués de gestion de réseaux, adaptés aux ordinateurs personnels.

L'IREQ a également été très actif dans le domaine des applications industrielles de l'électricité. Dans le cadre d'un projet financé par l'AISI, il a mené des essais, en collaboration avec Sidbec, en vue d'optimiser les fours à arc en diminuant leur consommation d'énergie par tonne d'acier et de réduire les perturbations sur les réseaux d'alimentation. Enfin, pour mieux répondre aux besoins de l'industrie, l'IREQ a annoncé la construction, à Shawinigan, d'un laboratoire de technologies électrochimiques à vocation industrielle dont la mise en service est prévue pour 1986.

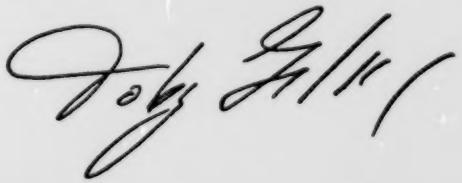
L'IREQ a également réalisé, pour Cascades Inc., des études de faisabilité visant à déterminer les technologies électriques les mieux adaptées au séchage des isolants fibreux dans un four de 1,2 MW. Cette société a aussi suivi les recommandations de l'IREQ et elle s'est dotée d'un four à infrarouge pour le séchage des pâtes moulées.

À toutes ces activités viennent s'ajouter des travaux de recherche à long terme. Dans le secteur de la robotisation, l'IREQ collabore avec Ontario Hydro à un projet financé par l'ACE pour mettre au point un système robotisé compact destiné au gougeage des pales de turbines.

Dans le domaine des accumulateurs à électrolytes polymères, l'IREQ a livré, au cours de l'année, le premier prototype expérimental qui fonctionne à 100 °C. Par ailleurs, les succès obtenus cette année dans le domaine de l'hydrogène ont été très encourageants et les études se poursuivent. Enfin, même si les travaux de construction du tokamak à l'IREQ ont connu certains délais, on prévoit obtenir un premier plasma au cours de l'année 1986.

À la lecture des pages qui suivent, on constatera que le personnel de l'Institut a été, comme toujours, très actif et qu'il s'est engagé dans plusieurs projets d'innovation technologique pour l'entreprise. Ces projets sont le fruit d'efforts déployés à tous les niveaux pour gérer les ressources de façon optimale et pour exploiter au maximum le potentiel scientifique et technique de l'Institut. Ces efforts visant à augmenter la productivité de l'IREQ se poursuivront afin de permettre à ce dernier de mieux servir ses clients tant à Hydro-Québec que dans le monde entier.

Le vice-président exécutif,
Technologie et Affaires internationales,
par intérim, et directeur de l'Institut,



Toby Gilsig

DIRECTEUR
FAROUK A.M. RIZK

Le 20 novembre 1984, un incendie se déclenchait dans une batterie de condensateurs située à l'intérieur de l'annexe du laboratoire Haute tension. La batterie comprenait des appareils isolés soit à l'huile minérale, soit à l'askarel dont les volumes brûlés ont été évalués à 2 560 L et 670 L respectivement. La fumée produite par l'incendie s'est répandue partout à l'intérieur du bâtiment et, le lendemain, des échantillons de suie ont été prélevés pour analyse. Comme cette dernière révélait la présence de biphényles polychlorés (BPC) et de polychloro-dibenzo-furanes (PCDF), on a considéré que le bâtiment et ses équipements étaient trop contaminés pour que l'on puisse les utiliser normalement. Il a donc fallu entreprendre la décontamination et la réfection du laboratoire pour que les activités normales puissent reprendre dans les plus brefs délais.

Un groupe de coordination a été créé pour établir les critères de décontamination, fixer les priorités des travaux et coordonner les activités des divers intervenants, soit l'IREQ, la vice-présidence Ingénierie et Construction et les directions Santé et Sécurité, et Environnement d'Hydro-Québec. Le groupe devait aussi s'assurer de la participation du personnel de l'IREQ à la décontamination des équipements d'essais et des appareils de mesure.

Le mandat pour la décontamination et la réfection du laboratoire a été donné à la direction Équipement de production de la vice-présidence Ingénierie et Construction d'Hydro-Québec. Une équipe de spécialistes a également été formée dans le but de planifier et de suivre la prise d'échantillons, d'interpréter les résultats et de s'assurer que les critères d'acceptation étaient respectés.

Quatre mois après l'incendie, une aire d'essais externe servant à la vérification des transformateurs de puissance a été mise sur pied malgré des conditions climatiques défavorables. Par ailleurs, le grand hall du laboratoire redevenait opérationnel le 20 mai 1985, tandis que les premiers essais dans la salle de pollution située dans l'annexe du laboratoire reprenaient au début d'octobre. Le 20 novembre, un an précisément après l'incendie, avaient lieu les premiers essais de transformateurs de puissance dans l'annexe. Le laboratoire Haute tension de l'IREQ est donc, depuis la fin de 1985, en mesure d'effectuer de nouveau tous les travaux de recherche et d'essais relatifs à ses domaines d'activité.

Depuis la fin de 1985, le laboratoire Haute tension est de nouveau en mesure d'effectuer tous les travaux de recherche et d'essais relatifs à ses domaines d'activité.

COMPORTEMENT ÉLECTRIQUE DES LIGNES DE TRANSPORT

CHEF DE SERVICE
P. SARMA MARUVADA

Plusieurs projets relatifs aux priorités de l'entreprise ont été mis en œuvre. Par exemple, une technique d'essais a été développée, dans le cadre d'un projet financé par l'ACE, en vue d'évaluer de façon accélérée la performance des isolateurs synthétiques sous pollution. Elle consiste à utiliser une combinaison de traitements chimiques et mécaniques et à conditionner les isolateurs par des étincelles dans un brouillard salin normalisé. Grâce à cette méthode, il est maintenant possible d'évaluer en laboratoire la performance électrique, à court et à long terme, des isolateurs synthétiques en service et de la comparer à celle des isolateurs conventionnels en porcelaine ou en verre trempé.

Par ailleurs, dans une étude entreprise pour le compte de la vice-présidence Planification d'Hydro-Québec, on a évalué la contribution de l'effet couronne à l'atténuation des surtensions dynamiques. Ainsi, des modèles numériques et analogiques de l'effet couronne ont été développés à partir des essais effectués sur un faisceau de quatre conducteurs normalement employés sur les lignes à 735 kV. En utilisant un modèle numérique du logiciel EMTP, nous avons démontré que l'effet couronne peut limiter les surtensions dynamiques de façon efficace et réduire également l'énergie absorbée par les parafoudres.

Dans le domaine de l'impact sur l'environnement des lignes de transport et de distribution, nous avons effectué une étude expérimentale approfondie des champs électriques et magnétiques produits par le réseau de distribution d'Hydro-Québec. Nous avons mis au point un capteur spécial pour mesurer avec précision et rapidité le vecteur de champ magnétique. Ce nouveau capteur, ainsi qu'un capteur pour les champs électriques, de type à tension flottante, ont été utilisés à partir d'une station mobile. Une série de mesures ont été prises autour des lignes et des postes de distribution afin de caractériser l'environnement électrique et magnétique du réseau de distribution. Elles ont permis de déceler environ 32 V/m pour les champs électriques moyens et environ 0,16 μT pour les champs magnétiques moyens.

Enfin, dans le domaine de la distribution, des essais sous pollution en milieu naturel ont été réalisés sur différents équipements de distribution tels que des isolateurs, des parafoudres, des coupe-circuit, etc. En effet, au cours de cette année nous avons terminé l'installation des appareils de mesure et d'essais de la station expérimentale de Grande-Vallée. Cela porte à plus de 100 le nombre d'équipements en essai dans les trois stations d'essais établies jusqu'à maintenant. De plus, huit types de traversées de transformateurs de distribution ont été essayés sous pollution artificielle dans le but d'évaluer leur performance en milieu contaminé.

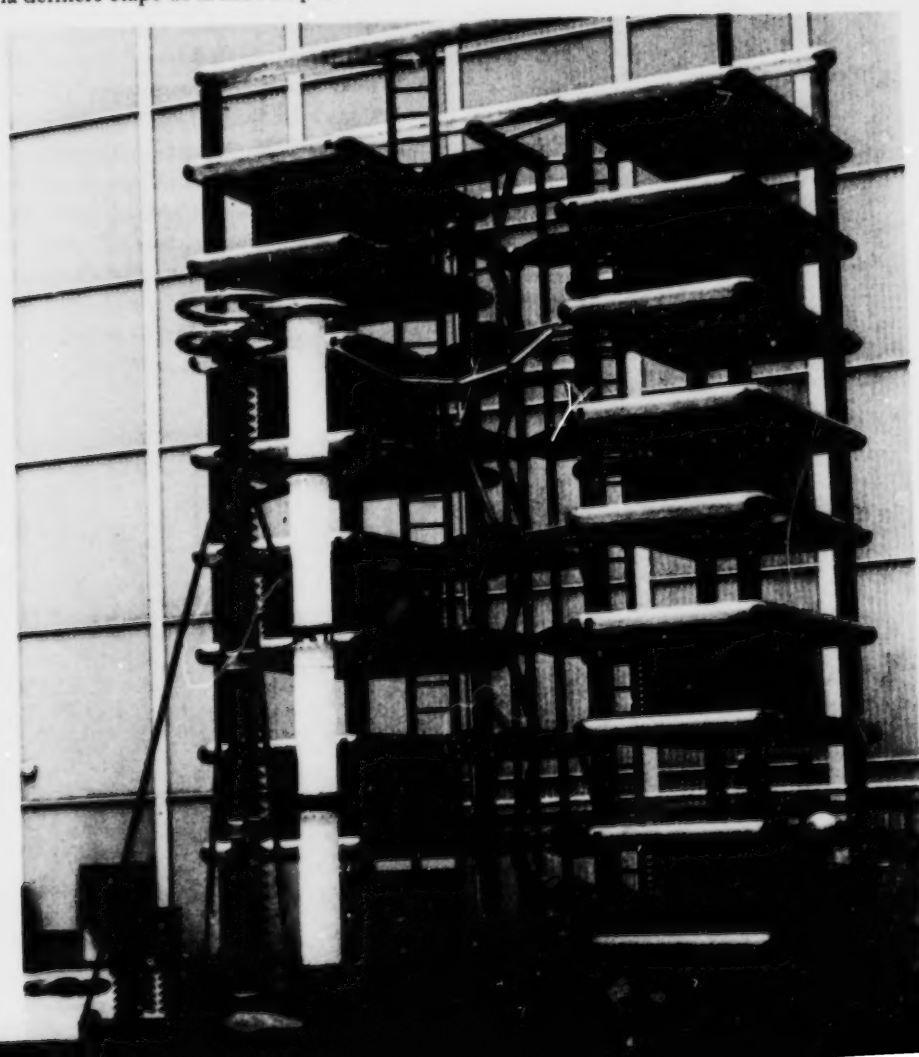
Les résultats d'essais sous pollution effectués en milieu naturel sur différents équipements de distribution sont analysés en laboratoire.

ISOLATION INTERNE

CHEF DE SERVICE
N. GIAO TRINH

Dans le domaine de l'isolation gazeuse, le service a mis au point un éclateur dont l'amorçage se fait de façon automatique selon l'importance des surtensions afin d'enclencher une réactance shunt à la suite d'un délestage important sur le réseau. Un prototype a été assemblé et soumis à des essais de tenue diélectrique dès la reprise des activités du laboratoire Haute tension. Les résultats confirment que les dimensions de l'éclateur sont satisfaisantes mais qu'il est nécessaire de réajuster l'écartement des éclateurs et de réviser le dispositif d'amorçage. Cela constituera la dernière étape de la mise au point.

La tenue diélectrique de ce prototype d'éclateur, développé à l'Institut, a été vérifiée au cours d'essais au laboratoire Haute tension.



Dans le domaine de l'appareillage isolé à l'huile, nous avons concentré nos efforts sur la caractérisation des contaminants solides présents dans l'huile des transformateurs et des réactances en service à Hydro-Québec. Le travail de suivi sur une vingtaine d'appareils a été réalisé en collaboration avec le personnel des régions administratives d'Hydro-Québec. Cela a permis d'identifier et de quantifier les particules contaminantes, de déterminer certaines de leurs origines et les mécanismes de leur évolution ainsi que d'évaluer des nouvelles techniques d'analyse utilisées comme complément d'information aux mesures classiques. Ces travaux avaient pour but d'augmenter la fiabilité de l'isolation dans l'appareillage à l'huile.

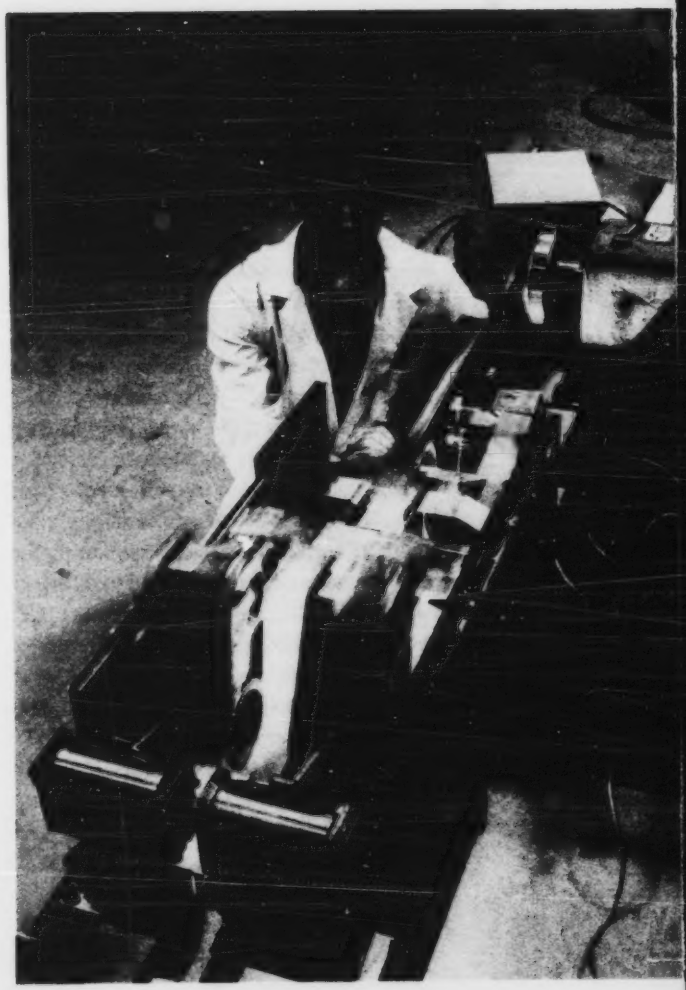
Par ailleurs, dans le cadre d'une recherche pour l'ACE portant sur le vieillissement des câbles et des accessoires des lignes souterraines de distribution soumis à des surtensions oscillantes, les résultats obtenus indiquent que les câbles et accessoires neufs peuvent résister à l'application répétée de plusieurs dizaines de milliers de chocs. Toutefois, les accessoires sont généralement moins performants que les câbles. D'autre part, des essais sur des câbles retirés du réseau de distribution d'Hydro-Québec et de B.C. Hydro indiquent que ces derniers ont une tenue inférieure à celle des câbles neufs. Dans le cas des câbles d'Hydro-Québec, nous avons aussi constaté que les fils de neutre se sont enfoncés dans le recouvrement protecteur du câble. Ces résultats semblent indiquer que l'isolation des câbles et des accessoires de distribution couramment utilisés peut résister adéquatement aux manœuvres sur les batteries de condensateurs dont le niveau de surtension enregistré n'a pas dépassé les 2 p.u.

Enfin, pour améliorer la sécurité du personnel appelé à travailler sur le réseau, le service a mis au point un vérificateur d'absence de tension susceptible de mesurer directement la tension, par rapport à la terre, de l'équipement mis hors service. L'évaluation du prototype a été faite par le personnel technique des régions Laurentides et Richelieu d'Hydro-Québec. Les commentaires quant au fonctionnement de l'appareil sont généralement positifs. Toutefois, plusieurs suggestions qui nous ont été faites nous permettront d'améliorer la version finale de l'appareil.

MÉCANIQUE DES LIGNES ET VIBRATIONS

CHEF DE SERVICE
CLAUDE HARDY

Parmi les travaux qui ont été réalisés, il convient de souligner une étude effectuée sur la ligne expérimentale des îles de la Madeleine portant sur des conducteurs simples et des faisceaux de quatre conducteurs. Elle avait pour but de déterminer la sensibilité de ces conducteurs aux vibrations éoliennes et aux oscillations en sous-portée lorsqu'on applique une tension mécanique supérieure à la tension actuelle. L'étude, réalisée pour le compte du service Études et Normalisation de la direction Ingénierie de lignes d'Hydro-Québec, s'est étendue à des tensions mécaniques qui s'élevaient à 20, 25 et 30 % de la charge de rupture des conducteurs, la tension de 20 % étant dans tous les cas employée à titre de référence. Les résultats ont montré que les niveaux de vibrations éoliennes des conducteurs en faisceau sont beaucoup moindres que ceux des conducteurs simples. De plus, les expériences ont confirmé la théorie à l'effet que l'importance des oscillations en sous-portée diminue lorsque la tension mécanique dans les sous-conducteurs augmente.



Un programme de développement accéléré d'entretoises amortisseuses doubles a été réalisé en collaboration avec la direction Ingénierie de lignes d'Hydro-Québec.

La ligne expérimentale a également servi d'outil principal pour évaluer l'efficacité de nouveaux modèles d'entretoises amortisseuses pour faisceaux de deux conducteurs. Ce projet, commandité par la direction Ingénierie de lignes d'Hydro-Québec, s'est inscrit dans le cadre d'un programme de développement accéléré d'entretoises amortisseuses doubles. Ces dernières devaient remplacer les entretoises préformées, installées sur la ligne à 315 kV entre La Grande 1 et Radisson, qui avaient endommagé sérieusement les conducteurs. En nous fiant à la caractérisation dynamique par analyse modale de plusieurs modèles en laboratoire, nous avons retenu deux modèles à double articulation. Nous les avons ensuite mis à l'essai sur une ligne et comparés à un ensemble d'entretoises préformées réparties de la même manière. Il est apparu que les nouvelles entretoises étaient nettement plus efficaces que les entretoises de comparaison.

Également dans le domaine des lignes aériennes, les chercheurs ont entrepris des études analytiques et expérimentales sur les effets du délestage de la glace sur les lignes aériennes. Il s'agissait de déterminer les trajectoires des conducteurs au moment où la glace s'en détache et dans l'intervalle qui suit, et d'établir pour ces conditions les sollicitations dynamiques auxquelles sont soumis les supports de lignes.

Pour terminer, parmi les études et les essais réalisés dans nos laboratoires de mécanique et de vibrations, il nous faut citer dans le domaine des lignes aériennes : la poursuite des travaux de caractérisation et d'évaluation mécaniques des isolateurs composites ; l'essai de couvre-conducteurs en vue de la rédaction d'une norme pour la CEI ; la caractérisation dynamique d'amortisseurs pour câbles et conducteurs de traversée ; l'utilisation, dans le domaine des machines tournantes, des techniques de l'analyse spectrale pour la détection de la cavitation érosive dans un modèle de turbine Francis ; et enfin, dans le domaine de la tenue des ouvrages, la recherche et l'évaluation de divers instruments pour la surveillance de l'évolution des fissures dans les barrages en béton.

TECHNIQUES DE MESURES ET D'ESSAIS À HAUTE TENSION

CHARGÉ D'ÉQUIPE
RYSZARD MALEWSKI

L'équipe a réalisé un projet de surveillance des transformateurs de puissance à 735 kV en service. Ce projet, effectué à la demande d'Hydro-Québec, comporte l'enregistrement de la forme et de l'amplitude des transitoires produits par le réseau de transport. Pour réaliser l'étude, il a fallu développer un capteur à haute tension, à très large bande passante (de 0,16 Hz à 1 MHz) et à large plage dynamique (60 dB). Le capteur est couplé magnétiquement à la prise de la traversée du transformateur. Le signal de sortie est mesuré par un enregistreur numérique automatique, commandé par un terminal installé à côté du transformateur. Les enregistrements sont mémorisés et transmis au laboratoire afin qu'ils soient traités et imprimés.

Pour mettre en marche le système, il a fallu également évaluer la compatibilité électromagnétique des éléments et de leur blindage, et vérifier l'efficacité de ce blindage dans la bande de fréquences correspondant aux interférences produites par le poste à 735 kV. Environ 300 enregistrements ont été faits au poste Manicouagan pendant les 12 derniers mois de fonctionnement du système. Le projet se poursuivra avec l'installation d'une autre station automatique au poste Boucherville qui comprendra aussi un système d'analyse automatique des gaz produits par les transformateurs.

D'autre part, nous avons complété le projet conjoint avec ASEA Inc. de Varennes sur l'enregistrement numérique des chocs et l'interprétation par ordinateur des résultats d'essais de réception des transformateurs de puissance et des réactances de compensation. Nous avons aussi mis au point et implanté au laboratoire Haute tension une nouvelle méthode d'évaluation du comportement d'un transformateur à l'essai. Cette méthode consiste à comparer, aux pôles du transformateur, la fonction de transfert enregistrée à pleine tension d'essai et à tension réduite. Les contournements locaux entre les disques des enroulements de transformateurs sont déterminés par le déplacement de la fréquence des pôles, et les décharges partielles résultent d'une atténuation d'un pôle sans changement de sa fréquence. La méthode est insensible aux variations de la forme de la tension d'essai produite par le générateur de chocs ; elle s'applique aussi à l'évaluation des essais à ondes coupées.

Par ailleurs, le système d'acquisition et de traitement des données relatives aux décharges partielles au cours des essais d'acceptation des transformateurs de puissance a été mis en route. Nous avons entrepris une analyse plus poussée de la forme des décharges mesurées (charge apparente, polarité et phase d'apparition) au cours des essais et nous avons développé des critères d'acceptation du gros équipement électrique, fondés sur la nature et la gravité des défauts internes. Actuellement le système peut mesurer simultanément six points, c'est-à-dire les traversées de haute et de basse tension d'un transformateur triphasé. Les données sont stockées sur disque et les distributions des décharges, selon leur amplitude, leur polarité et leur phase, sont tracées sous forme d'histogrammes tridimensionnels à la fin de l'essai. L'interprétation de ces graphiques aide l'opérateur à juger de la performance du transformateur essayé et permet surtout d'éliminer le risque d'erreur dans la lecture simultanée de plusieurs canaux de mesure de transitoires dont le clignotement sur des écrans d'oscilloscopes est difficile à voir.

LABORATOIRE HAUTE TENSION

CHEF DE SERVICE
DAVID TRAIN

Au cours de l'année 1985, nous avons été obligés d'établir un programme d'urgence afin de mettre sur pied des aires d'essais dans les plus brefs délais après l'incendie du 20 novembre 1984. Ces mesures étaient indispensables pour éviter que certains de nos clients ne subissent des contretemps dans leur production et leurs engagements de livraison. En effet, ces derniers risquaient d'être compromis sérieusement s'il fallait attendre la fin des travaux de décontamination.

Pour cette raison, nous avons commencé par mettre en service une aire d'essais externe destinée à la vérification des transformateurs à haute tension et des réactances shunt. On a notamment installé dans cette aire un générateur d'impulsions de 6,4 MV, une batterie de condensateurs de 60 Mvar, un transformateur auxiliaire de 50 MVA et un système de mesure à fréquence industrielle. Une roulotte servait de salle de commande. Au total, 29 transformateurs et 2 réactances shunt ont été vérifiés, souvent dans des conditions climatiques très difficiles : neige, verglas, etc.

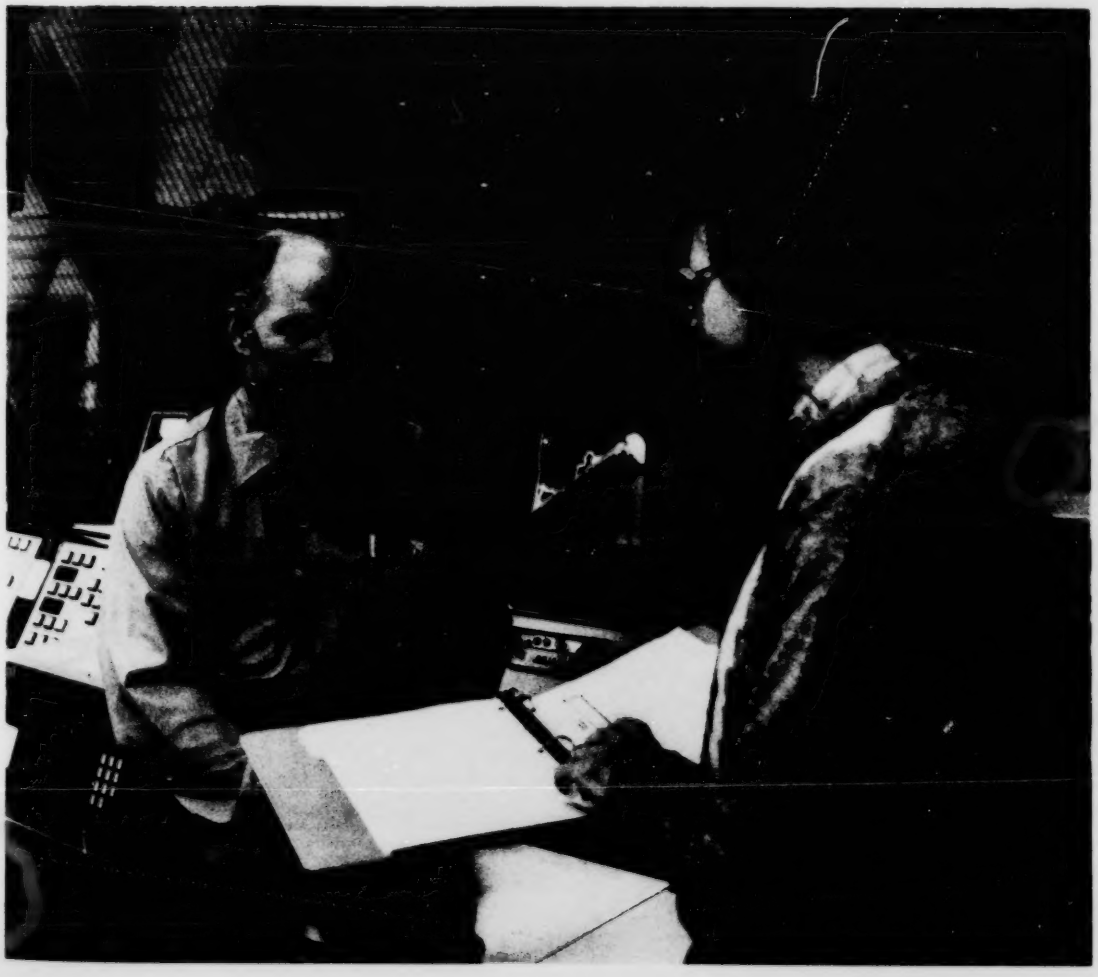
Par la suite, nous avons remis en service les aires d'essais du grand hall. Durant environ trois mois, ces aires ont été maintenues à une pression atmosphérique plus élevée afin d'empêcher que des contaminants venant de l'annexe qui était encore contaminée n'y pénètrent. Durant cette période, de nombreux essais diélectriques ont été effectués sur des transformateurs d'intensité à haute tension, sur des isolateurs, des câbles, des tranformateurs de puissance, des sectionneurs et des armoires de distribution.

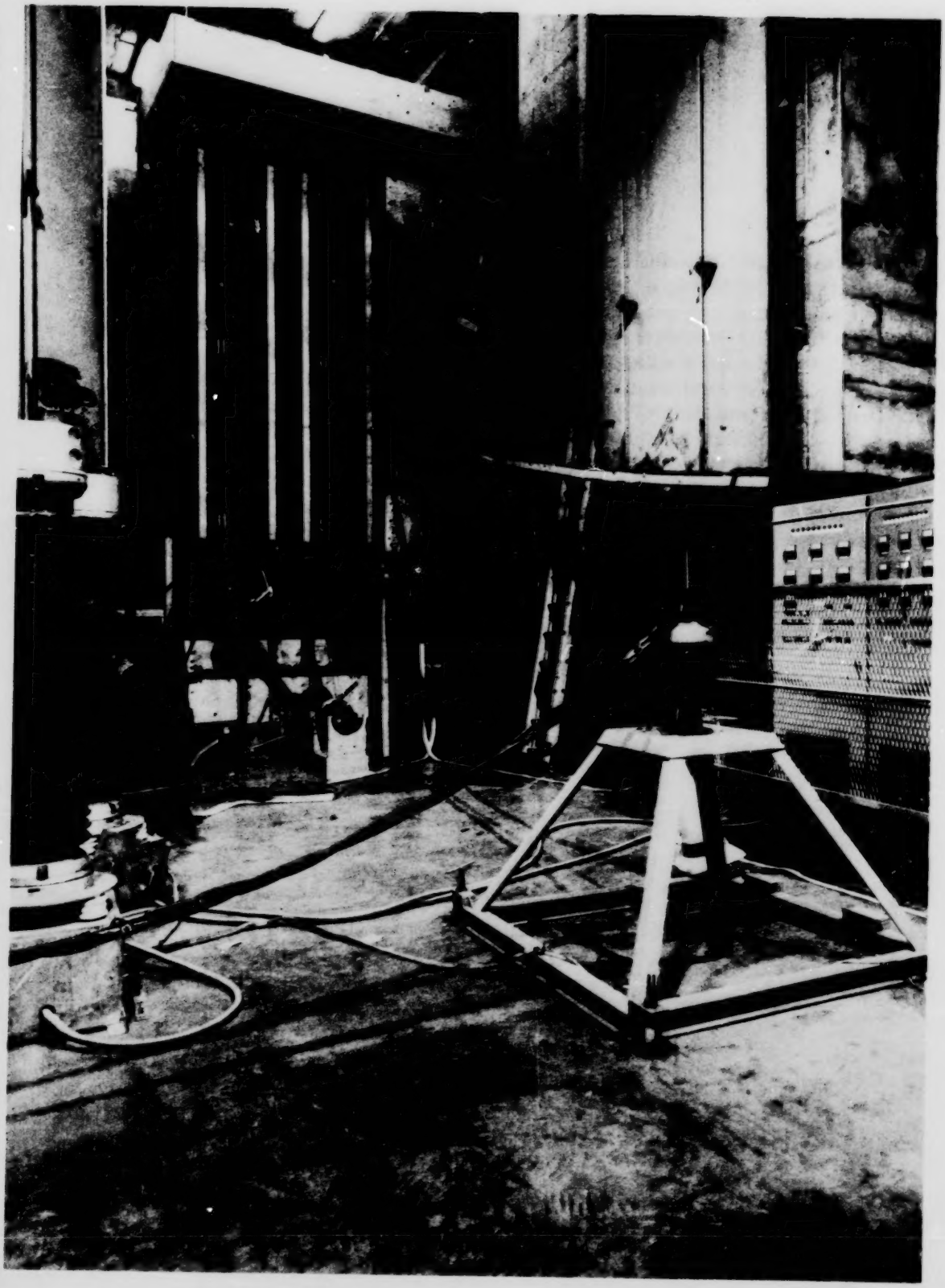
Enfin, une troisième aire d'essais a été installée dans l'annexe où s'est déclaré l'incendie. Les essais sous pollution artificielle et les essais sur transformateurs ont repris une fois que les travaux de décontamination du bâtiment ont été terminés.

À la suite de l'interruption causée par l'incendie, nous avons poursuivi l'installation et la mise en service d'une source d'alimentation à 650 kV c.c. pour les essais sous pollution. Le circuit a été légèrement modifié afin de réduire l'ampleur de l'ondulation de la tension de sortie lorsque des courants de fuite se produisent durant les essais. Des essais à 450 kV c.c. sous brouillard salin sur des isolateurs suspendus ont été effectués pour le compte d'Hydro-Québec. Par ailleurs, nous avons aussi réalisé, pour la compagnie ASEA de Suède, des essais sous brouillard propre à 400 kV c.c. sur une traversée murale et à 500 kV c.c. sur la porcelaine de la traversée ainsi que sur la porcelaine d'un diviseur de tension. De plus, nous avons exécuté des essais sous brouillard propre sur des isolateurs composites à $230/\sqrt{3}$ kV c.a. et sur des traversées à $25/\sqrt{3}$ kV c.a.

Par ailleurs, deux nouveaux systèmes de mesure développés à l'IREQ ont été mis en service dans la section d'essais des transformateurs. Un des systèmes comprend un enregistreur numérique d'impulsions actuellement utilisé avec des oscilloscopes analogiques conventionnels. Il est appelé à remplacer ces oscilloscopes pendant les essais de chocs sur transformateurs. L'autre système permet de mesurer simultanément les tensions de perturbation radioélectrique et celles de décharges partielles.

Les essais sous pollution artificielle ont repris après avoir été interrompus pendant plusieurs mois à cause de l'incendie du 20 novembre 1984.





DIRECTEUR
GILLES A. BARIL

La direction Matériel électrique a intensifié son programme d'assistance technique aux unités opérationnelles d'Hydro-Québec en essayant des appareils pour les besoins particuliers de l'entreprise. Ce programme, qui couvre aussi les domaines de la distribution et de l'utilisation de l'énergie électrique, a surtout porté sur le transport de l'énergie. L'activité la plus marquante a été, sans contredit, l'exécution d'essais de fonctionnement de valves à thyristors pour le compte de la société Générale électrique du Canada, responsable des installations à courant continu du poste des Cantons.

Le programme d'essais visait à vérifier les valves, les commandes et le système de refroidissement dans des conditions normales ou exceptionnelles. Le montage pour réaliser ces essais comprenait deux ponts à six impulsions raccordés dos à dos à des transformateurs triphasés. Les essais en conditions normales d'exploitation ont permis de vérifier, d'une part, le bon fonctionnement des valves au démarrage ainsi que leur efficacité, par la mesure des pertes et, d'autre part, la capacité du système de refroidissement.

En ce qui a trait aux conditions exceptionnelles d'exploitation, les essais ont permis de constater que les valves se comportent de façon satisfaisante en présence de phénomènes anormaux susceptibles de se produire : par exemple, un essai d'échauffement à un courant continu à 110 % de la valeur assignée avec une tension continue augmentée de 10 %. En plus des essais d'allumage et d'extinction périodiques, les valves ont été soumises à des essais de blocage au moment de surintensités correspondant à des courants de défaut de 11,3 kA crête, après un préchauffage à 110 % du courant continu assigné. Enfin, nous avons vérifié le fonctionnement du circuit d'allumage durant une chute de la tension alternative au tiers de sa valeur assignée et au moment de l'apparition de discontinuités dans le courant continu.

Le laboratoire Grande puissance est actuellement l'un des seuls au monde à posséder les appareils nécessaires à ce genre d'essais. Il permet à Hydro-Québec et à ses partenaires de l'industrie électrique d'augmenter la fiabilité des installations à courant continu.

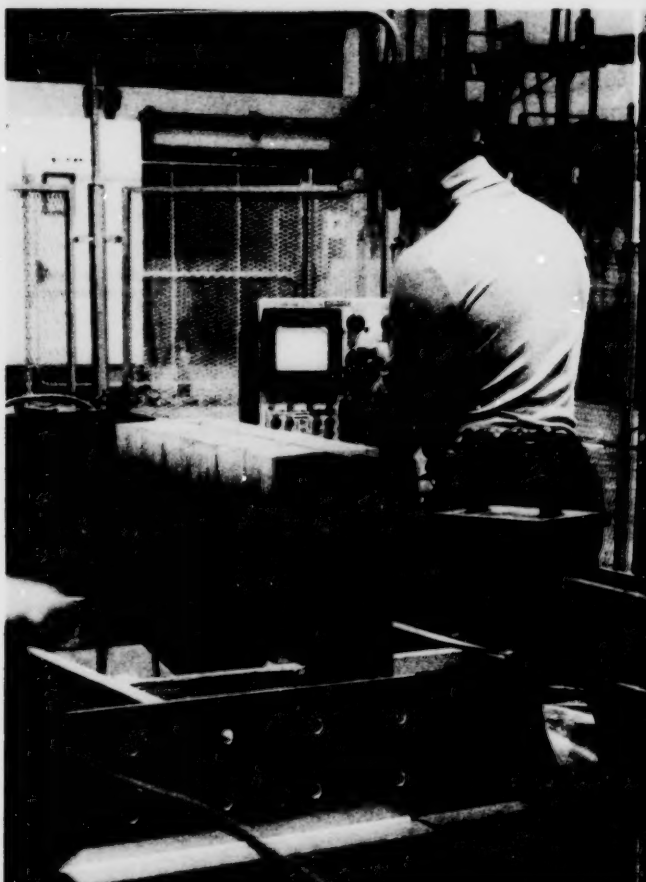
Essais de valves à thyristors destinées au poste à courant continu des Cantons. Les essais sont exécutés dans une cellule à moyenne tension du laboratoire Grande puissance.

MATÉRIEL DE CONVERSION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

CHEF DE SERVICE
LOUIS MASSON

L'intérêt que porte Hydro-Québec aux électrotechnologies nous a amenés à mettre au point des éléments chauffants à des tensions plus élevées. Les industries consomment de grandes quantités d'énergie pour le chauffage de l'air, principalement dans les procédés de séchage. À l'heure actuelle, il est d'usage d'alimenter les éléments chauffants à une tension de 600 V pour des puissances pouvant atteindre 20 MW. Or, une analyse économique terminée récemment démontre qu'il y a intérêt à accroître la tension d'alimentation. Le projet, réalisé en collaboration avec un constructeur pour le compte d'Hydro-Québec et de l'ACE, vise à développer des éléments chauffants qui seraient alimentés directement par le réseau à des tensions pouvant atteindre 25 kV.

D'autre part, nous avons achevé les études sur la capacité des équipements souterrains de résister aux arcs produits par des défauts sur les équipements voisins. Ces travaux, exécutés pour l'ACE, ont permis de déterminer qu'il est possible de mieux protéger le matériel souterrain si l'on respecte certaines distances avec les lignes avoisinantes ou si l'on utilise divers moyens de protection, en particulier des rubans résistant aux arcs. Ils ont permis aussi d'établir certaines règles concernant l'application de ces moyens à divers matériels munis ou non de protection additionnelle. En outre, nous avons préparé un premier projet de normalisation des essais de résistance à l'arc de l'équipement souterrain.



Dans le cadre d'un projet d'optimisation de fours à arc exécuté pour le compte de l'EPRI et de l'AISI, nous avons assisté le maître d'œuvre du projet, Sidbec, dans l'élaboration d'un système d'acquisition de données et dans l'analyse des paramètres électriques des fours. Les essais, dont l'analyse se poursuivra en 1986, ont consisté à mesurer les perturbations de tension, les niveaux d'harmoniques ainsi que la longueur et le bruit des arcs dans le four, en corrélation avec des techniques expérimentales de stabilisation des arcs. Ces techniques comprennent, entre autres, l'optimisation des mécanismes de commandes, l'utilisation d'électrodes creuses, l'injection de gaz inerte et de chaux. Au cours du projet, on a comparé différentes techniques de mesure du papillotement de la tension et on a fait l'essai d'une technique d'équilibre des phases par la mesure et l'analyse spectrale du bruit émis par les arcs dans le four.

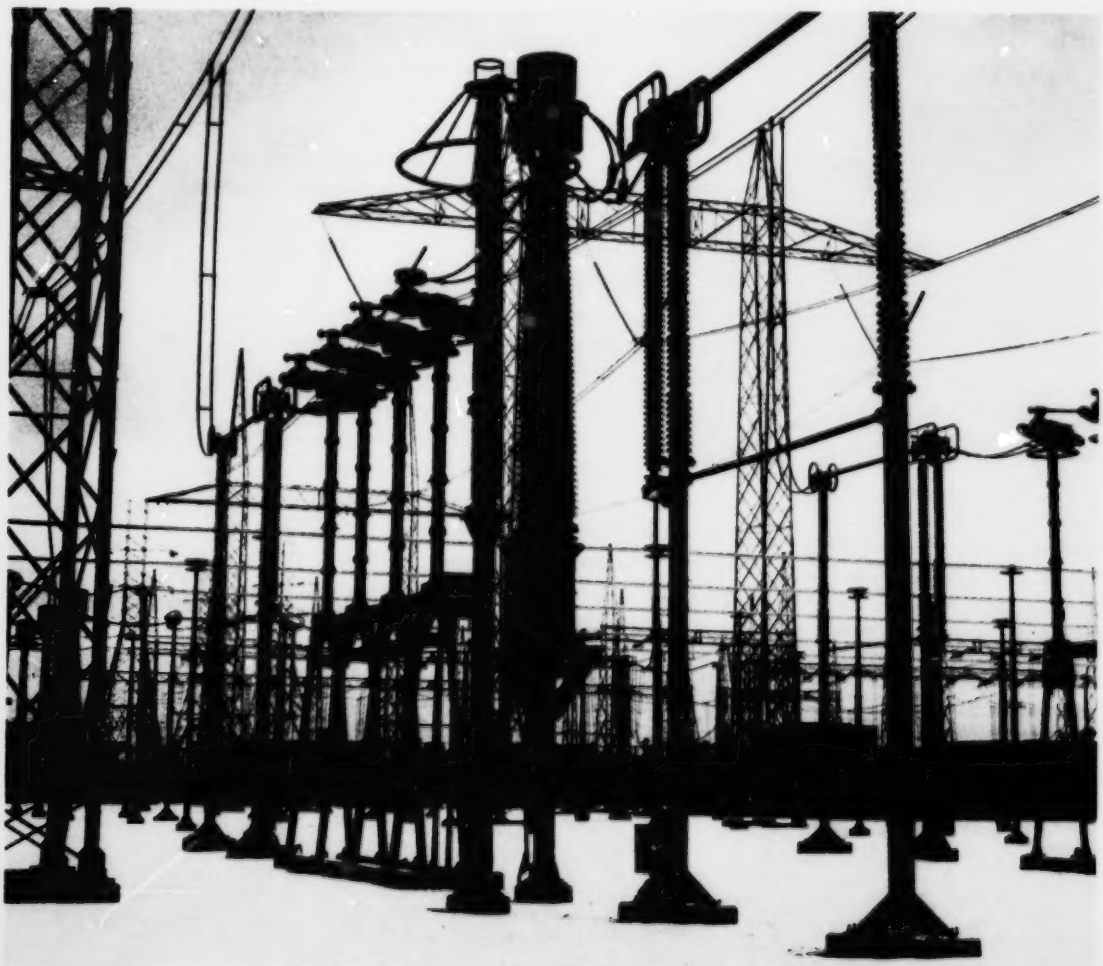
Le service a aussi travaillé au développement d'un shunt de section rectangulaire destiné à mesurer les courants de forte intensité dont l'amplitude en régime permanent est de l'ordre de 5 à 10 kA et en régime transitoire, de 100 kA pendant 2 s. Dans un premier temps, nous avons conçu un shunt qui satisferait à des exigences de temps de réponse, de masse du matériau résistif et de configuration géométrique. Ensuite les travaux ont consisté à compenser la réponse du shunt. La technique mise au point permet non seulement d'améliorer le temps de stabilisation (à ± 5 % de la valeur finale) par un facteur de 40 en regard des shunts classiques, mais aussi de réduire l'effet de proximité causé par les conducteurs de retour.

ne équipe de chercheurs et de echniciens a travaillé au développement d'un shunt de section ctangulaire pour la mesure de ourants de forte intensité.

APPAREILLAGE DE CONNEXION

CHEF DE SERVICE
GUY ST-JEAN

Au cours de l'année, nous avons terminé un programme exhaustif de qualification de disjoncteurs à air comprimé à 735 kV, utilisés dans les cas de séparation du réseau de transport d'Hydro-Québec. Des disjoncteurs du type actuellement en usage dans le réseau ont réussi des coupures en discordance de phase à la valeur normative de 1,5 MV tandis qu'un nouveau type d'appareil a réussi ces mêmes tests à des tensions de 2 MV, comme l'exigent les nouvelles normes de l'entreprise. C'est donc ce dernier type d'appareil qui sera installé en grand nombre sur le réseau d'ici à la fin de 1987.



Nous avons aussi terminé un programme de qualification de parafoudres sacrificiels pouvant produire un court-circuit interne sécuritaire pour protéger l'appareillage contre les importantes surtensions qui surviennent lorsque le RTBJ se sépare du reste du réseau à 735 kV. Ces appareils ont subi avec succès des tests pour satisfaire à trois exigences : un niveau de protection très bas de 960 kV (soit 1,6 p.u.), la capacité de soutenir sans dégradation une tension de 510 kV (valeur efficace) pendant 30 s et, à la suite d'une absorption excessive d'énergie, la production d'un court-circuit interne sécuritaire. Une première version de ce parafoudre a été installée sur le réseau en décembre 1984 de façon temporaire. Elle sera remplacée par un modèle permanent à partir de décembre 1987.

Par ailleurs, à l'aide de la source d'essais synthétiques du laboratoire Grande puissance, nous avons réussi à reproduire de longues impulsions simulant la foudre et susceptibles de faire claquer les fusibles dans le réseau de distribution. Il s'agissait, en effet, de la première reproduction expérimentale d'un phénomène jusqu'ici inexpliqué, qui occasionne des pertes d'alimentation pendant les orages en raison des nombreux fusibles détruits.

À la demande de la direction Distribution d'Hydro-Québec, nous avons aussi réalisé un programme d'évaluation des risques que représentent, pour le personnel d'exploitation, les arcs électriques produits par la fermeture manuelle des sectionneurs dans le réseau à 25 kV. On a mesuré notamment l'intensité lumineuse et la puissance sonore de l'arc au moment de la manœuvre.

Enfin, dans le cadre de projets de recherche-développement comportant des ententes de fabrication avec des constructeurs québécois, nous avons entrepris deux projets concernant le développement de matériels québécois destinés au marché mondial. Nous travaillons à la mise au point, d'une part, d'un disjoncteur à SF_6 pouvant maintenir son pouvoir de coupure jusqu'à –50 °C et, d'autre part, d'un parafoudre de distribution à oxyde de zinc de conception inédite offrant un niveau de sécurité inégalé.

Des parafoudres sacrificiels ont été installés sur le réseau après avoir subi des essais de qualification sur le circuit d'essais synthétiques de l'IREQ. Ils peuvent produire un court-circuit interne sécuritaire à la suite d'une séparation d'une partie du réseau.

LABORATOIRE GRANDE PUISSANCE

CHEF DE SERVICE
par intérim
JEAN LAFONTAINE,
en remplacement de
Jean-Guy Pineault

Environ quatre-vingts programmes d'essais ont été réalisés par le laboratoire Grande puissance en 1985 sur une grande variété de matériels électriques et pour différents clients.

Entre autres, des essais de limiteur de pression de parafoudres à oxyde de zinc ont été effectués pour Brown Boveri, ASEA Inc., Westinghouse Canada Inc., General Electric et Hitachi dans une cellule à haute tension. Une fois installés, ces parafoudres protégeront le réseau de transport à 735 kV d'Hydro-Québec tout en étant sécuritaire pour le personnel d'exploitation. Les essais ont consisté à amorcer le passage du courant dans le parafoudre par une décharge excessive d'énergie, puis à soumettre ce dernier à des courants de défaut à 60 Hz (12,5 kA, 25 kA et 50 kA) durant 0,2 s.

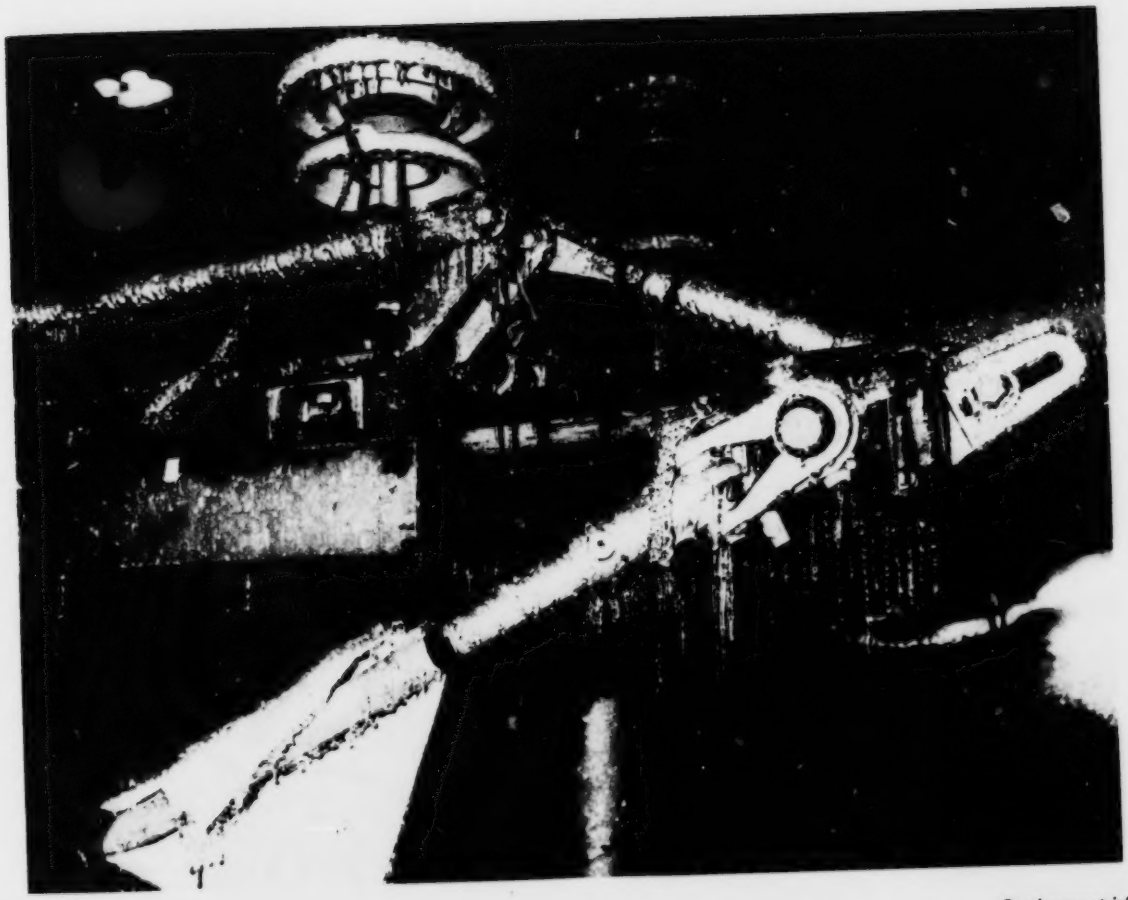
Dans la chambre mécano-climatique, un sectionneur triphasé et une lame de mise à la terre ont été soumis à des essais d'ouverture et de fermeture sous glace ainsi qu'à des essais de fonctionnement à très basse température (–50 °C), pour le compte de Cegelec Industrie Inc. Ce type de sectionneur est destiné au réseau d'Hydro-Québec.

À la demande de trois sociétés mexicaines, Industrias Unidas S.A., AB Chance Mexico et S. y C. Selmec, des coupe-circuits à fusibles à haute tension à expulsion ont subi des essais d'interruption de courant réalisés dans une cellule à moyenne tension, selon la norme C37.41-1981 de l'ANSI.

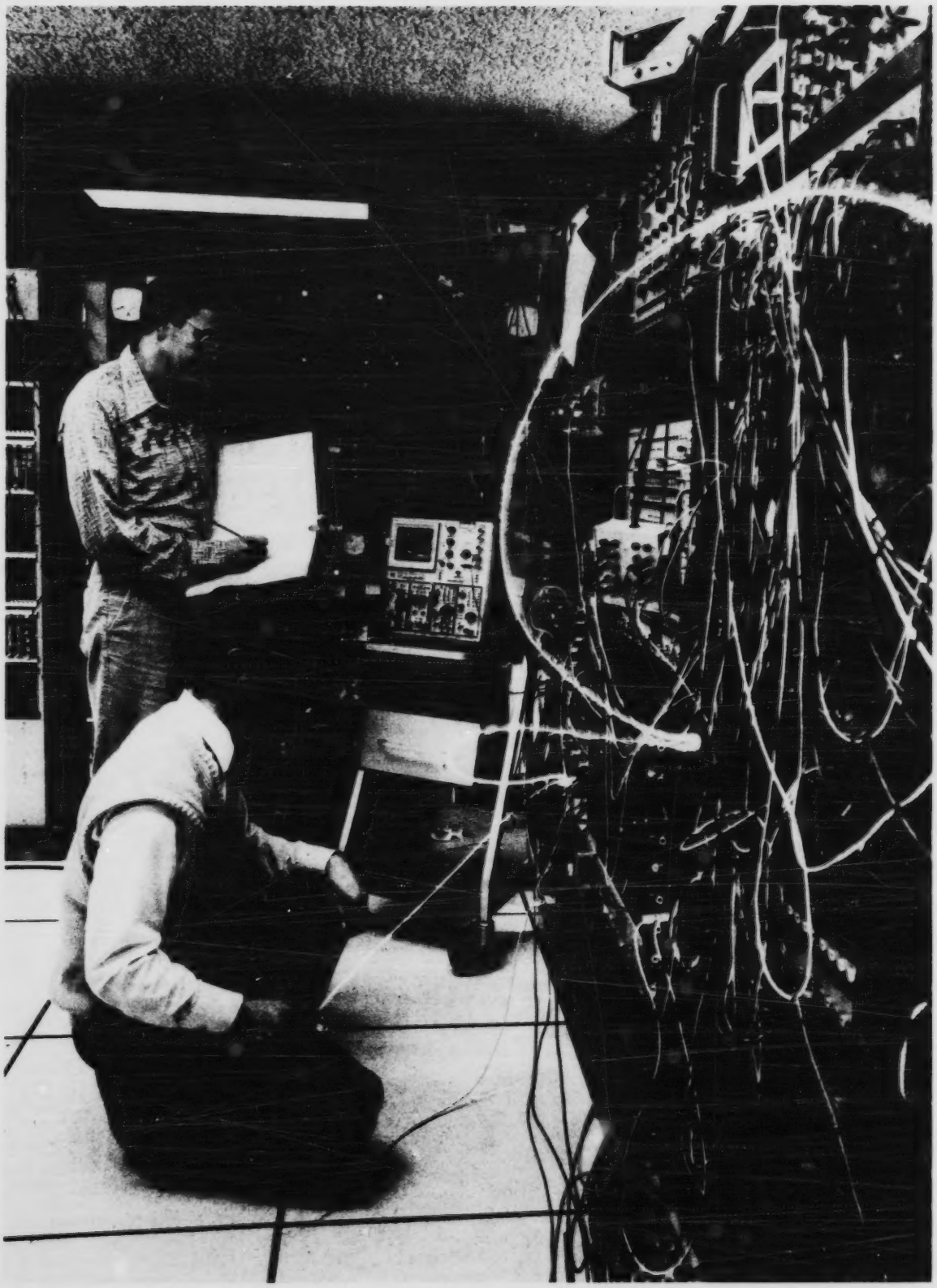
Des essais de vieillissement cyclique sur des joints thermorétractables de 25 kV et 750 MCM ont été exécutés pour Hydro-Québec. Ils ont consisté à faire circuler dans le conducteur un courant suffisant pour en élever la température à 130 °C en deux heures et à le maintenir à cette température durant les six heures subséquentes, suivies de 16 heures sans courant, tout ce processus étant répété 30 fois. Tout au long de l'essai, le conducteur est maintenu à une tension de 43 kV. Trois joints sont placés à l'air libre et trois autres, submergés dans l'eau. La température est transmise à l'enregistreur par fibre optique. Pour vérifier l'état des joints, on a mesuré les décharges partielles et la résistance de contact avant et après les 30 jours d'essais, après quoi on a vérifié la tenue diélectrique des manchons.

Des essais d'arc de puissance à 8 kA durant 0,2 s et 0,4 s ont été effectués sur des câbles et des joints souterrains pour l'ACE. Pour protéger les câbles des arcs de puissance, on peut installer des rubans contre les arcs et le feu ou augmenter la distance entre les joints.

Nous avons aussi entrepris les essais d'interruption de courant de court-circuit jusqu'à 50 kA, d'un disjoncteur à SF_6 refroidi jusqu'à –50 °C, à l'aide de la source d'essais synthétiques du laboratoire Grande puissance, et ce, à la demande de Cegelec Industrie Inc., un constructeur associé à Hydro-Québec pour ce projet de développement.



Sectionneur triphasé soumis à des essais d'ouverture et de fermeture sous glace dans la salle mécano-climatique du laboratoire Grande puissance.



DIRECTEUR
RAYMOND PRONOVOST

Les activités de la direction ont porté sur de nombreux sujets, que ce soit dans les domaines de l'analyse de la production, des réseaux de transport et de distribution ou ceux de leur automatisation et de leur protection.

L'activité dominante de l'année avait trait à une étude effectuée sur le simulateur de réseaux de transport en courant continu. Le simulateur a servi à analyser le comportement des systèmes de commande du poste d'interconnexion Madawaska. Il s'agit d'un poste dos à dos de 350 MW reliant les réseaux du Québec et du Nouveau-Brunswick. Il permet d'augmenter la capacité d'échange d'énergie entre les deux provinces, et sa mise en service a été amorcée en 1985. L'étude avait pour but de vérifier le comportement des commandes en présence de phénomènes de résonance harmonique, de reproduire et d'analyser rapidement tout comportement imprévu observé durant la mise en service et de valider les modifications nécessaires.

Pour des raisons de fiabilité, deux commandes identiques ont été achetées pour Madawaska. Il a donc été possible d'entreprendre l'étude avec l'une des deux. Toutefois, le fait d'utiliser une commande réelle a nécessité la construction d'une annexe au simulateur à courant continu. On a aussi dû construire toutes les interfaces nécessaires pour relier la commande au simulateur.

La modélisation de la partie à courant alternatif des deux réseaux a été faite dans la salle du simulateur et la partie à courant continu, dans l'annexe à côté de la commande. À cause de la grande distance entre les deux parties de la liaison et parce qu'il fallait faire l'acquisition et le traitement des données durant la simulation, il a fallu concevoir et construire deux systèmes différentiels émetteur-récepteur.

L'étude a conduit rapidement à la correction de plusieurs anomalies dans la conception et les réglages du système de commande. Ce type d'étude deviendra de plus en plus essentiel à mesure qu'augmentera la complexité des équipements d'interconnexion en courant continu.

Une étude, effectuée sur simulateur, a permis d'analyser le comportement des systèmes de commande du poste d'interconnexion Madawaska.

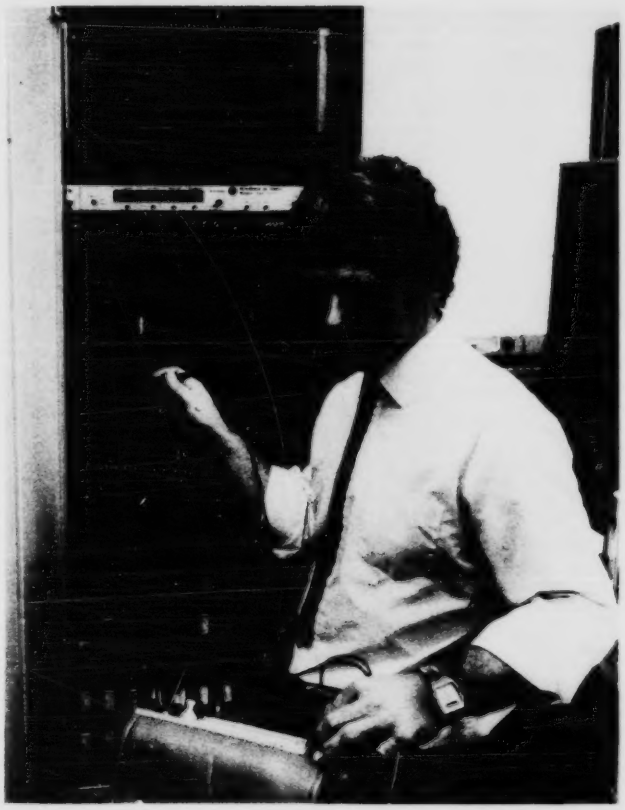
MÉTHODES DE GESTION ET D'ANALYSE NUMÉRIQUE DE RÉSEAUX

CHEF DE SERVICE
YVAN ROBICHAUD

Au cours de la dernière année, les travaux du service ont porté sur le développement de nouveaux systèmes, logiciels et algorithmes, ainsi que sur la commercialisation de produits existants.

Dans le domaine de l'acquisition de données en réseau, un système de surveillance de disjoncteurs à 735 kV a été mis au point à la demande de la vice-présidence Production, Transport et Distribution d'Hydro-Québec. Ce système sert à enregistrer l'ouverture des disjoncteurs, à créer une banque de données relative à ces phénomènes et à optimiser le programme d'entretien. Cet équipement de surveillance est composé d'un système central pour la gestion des données et d'une série de systèmes satellites pour l'acquisition des données dans les postes. Le développement des logiciels pour ces deux paliers de traitement est maintenant complété. Quant au prototype du système satellite, sa mise en route en laboratoire a eu lieu à la fin de 1985 et l'installation en réseau, au poste Boucherville, au début de 1986.

Par ailleurs, le mini-ordinateur PRIME 750 utilisé pour la simulation numérique de réseaux a été remplacé par un modèle plus puissant du même fabricant, le PRIME 9955. Ce nouveau simulateur va permettre d'offrir un meilleur service aux usagers internes ainsi qu'aux firmes de consultants de la région de Montréal. Pour des fins d'efficacité, le développement des programmes d'étude de réseaux a été transféré, au début de l'année, du système PRIME à un réseau d'ordinateurs APOLLO utilisés comme stations de travail.



Une option à courant continu pour les réseaux multiterminaux a été développée pour le programme de stabilité. De plus, en collaboration avec la vice-présidence Planification des équipements et la direction Planification des mouvements d'énergie d'Hydro-Québec, nous avons mis au point les modèles de liaisons à courant continu pour les postes Madawaska et des Cantons. D'autre part, dans le cadre d'un projet réalisé pour l'ACE, nous avons développé un programme de calcul des probabilités d'intensité de courants de défaut. Cet outil servira à évaluer les effets de ces courants sur les équipements de communication.

Avec la collaboration d'Hydro-Québec International, nous avons vendu des programmes d'analyse de réseaux à la Public Utilities Board de Singapour. Ces mêmes programmes ont également été loués aux compagnies New Brunswick Power Corporation et Monenco.

Quant aux travaux dans le domaine de la recherche opérationnelle, le développement du programme MODEX s'est poursuivi pour le compte de la vice-présidence Planification des équipements d'Hydro-Québec. Ce programme permet d'étudier le comportement d'un parc de production à prédominance hydroélectrique dans diverses conditions de demande et d'apports naturels. Dans le domaine de la fiabilité, le programme NEXIONA a été conçu pour calculer la fiabilité d'un parc de production interconnecté à deux autres parcs par des liaisons imparfaites de capacités limitées. Ces travaux ont été entrepris à la demande de la même vice-présidence d'Hydro-Québec. Mentionnons enfin le développement d'un nouveau modèle ATHENA qui permet de déterminer le schéma d'aménagement le moins coûteux d'une rivière tout en satisfaisant une demande donnée de puissance et d'énergie. Ce projet, entamé en 1985 pour le compte de la direction Ingénierie des centrales d'Hydro-Québec, se poursuivra au cours de l'année prochaine pour permettre de raffiner le modèle.

Mise au point d'un système de surveillance de disjoncteurs à 735 kV.

ÉTUDES ET SIMULATION DE RÉSEAUX

CHEF DE SERVICE
S.Y. MARC HUNG

D'importants efforts ont été consacrés à rendre les simulateurs de réseaux à courant alternatif et continu plus souples et plus susceptibles de réaliser simultanément plusieurs études.

En effet, nous avons réaménagé les divers équipements du simulateur à courant continu de façon plus fonctionnelle, ce qui simplifie grandement les travaux de montage. Par ailleurs, nous avons poursuivi un ensemble de projets d'automatisation des simulateurs de réseaux de transport en courant continu et en courant alternatif. Ces projets touchent les ordinateurs de commande des manœuvres, les modèles de disjoncteurs qui effectuent ces manœuvres et les systèmes de mesure de tension et de courant. Ces divers composants sont intégrés, au moyen de liaisons numériques et analogiques, à un réseau de stations graphiques et d'ordinateurs d'acquisition et de traitement de l'information.

Dans le domaine des réseaux à courant alternatif, le service a effectué pour le compte de la firme Monenco des études de surtensions et de coordination de l'isolement reliées au développement du réseau à 500 kV de l'Égypte. D'autres études ont porté sur l'enclenchement d'une ligne à 230 kV comportant un transformateur à une extrémité dans le réseau de la Saskatchewan Power Corporation. Une collaboration avec la firme BG Checo a abouti au développement d'un système de réglage de la tension d'alimentation d'une charge éloignée au moyen d'un diviseur capacitif. Nous avons aussi examiné l'impact sur un réseau de la présence de plusieurs diviseurs capacitifs et nous avons vérifié la faisabilité d'une installation pilote de 100 kVA sur un réseau à 120 kV au Pérou. Enfin, une étude pour le compte de la vice-présidence Planification d'Hydro-Québec, sur la manœuvre de condensateurs shunt, a permis de déterminer les tensions transitoires de rétablissement aux bornes des disjoncteurs et les contraintes exercées sur les parafoudres.

Dans le domaine des réseaux à courant continu, en plus de l'étude de la commande du poste d'interconnexion Madawaska, le service a entamé, pour l'EPRI, la réalisation de logiciels qui représentent les commandes de convertisseurs dans les programmes numériques de stabilité et d'écoulement de puissance.

Pour terminer, signalons la mise au point d'un logiciel de calcul d'équivalents de réseaux multiterminaux ainsi que le développement et la démonstration d'un concept nouveau d'interconnexion asynchrone entre réseaux. Ce concept nous a permis d'obtenir un brevet canadien.

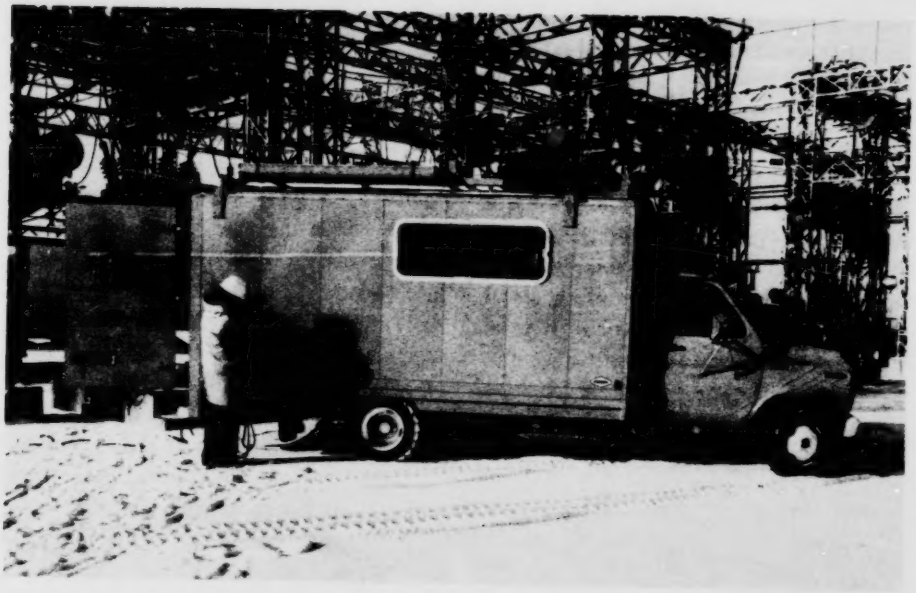
L'automatisation des simulateurs de réseaux de transport en courant continu et en courant alternatif a fait l'objet d'efforts particuliers au cours de l'année.

AUTOMATISMES, MESURES ET COMMUNICATIONS

CHEF DE SERVICE
RENÉ BLAIS

Nous avons franchi des étapes importantes en ce qui a trait aux travaux de diagnostics préventifs sur les génératrices d'électricité. En effet, nous avons terminé la mise au point d'un nouveau principe de mesure dynamique de l'entrefer. Un projet pilote a permis, dans une première phase, d'installer ces systèmes de mesure sur des alternateurs à la centrale de Beauharnois et à la centrale de Rapides des Îles. D'autre part, des négociations se sont déroulées avec une compagnie européenne intéressée à nos recherches sur ces capteurs capacitifs de mesure de l'entrefer. En outre, des travaux de recherche et de développement doivent se poursuivre afin d'élargir le champ d'application de cette filière des mesures « capacitives » issues de nos activités sur la mesure de l'entrefer.

Dans le cadre de l'amélioration de la fiabilité et de la continuité du service, l'IREQ, la direction Appareillage d'Hydro-Québec et l'ensemble des régions administratives de l'entreprise ont acquis l'expertise et rédigé les devis techniques nécessaires à l'achat et à la mise en route de 12 camions d'essais automatisés répondant aux besoins des exploitants de l'appareillage de postes. Ces unités mobiles réduiront sensiblement le temps nécessaire à la vérification ou à l'établissement de diagnostics sur cet appareillage. De plus, l'automatisation des essais comblera les lacunes actuelles de mesures et de traitement des résultats tout en facilitant l'implantation, par la suite, de systèmes de diagnostics préventifs sur l'appareillage.



L'IREQ a collaboré avec la direction Appareillage d'Hydro-Québec et avec l'ensemble des régions administratives de l'entreprise, à la mise au point d'un système mobile d'essais automatisés répondant aux besoins des exploitants de l'appareillage de postes.

Au cours de l'année, nous avons aussi terminé la mise au point d'un système d'acquisition de données pour l'étude du rotor de l'éolienne Darrieus de l'IREQ (50 kW) à la demande du service Éoliennes. Un câble à fibre optique et un joint tournant en bout d'axe assurent la transmission des données entre l'éolienne, un ensemble de sept microprocesseurs et un ordinateur de traitement. Le système résiste aux forces d'accélération, aux vibrations et aux variations de température. Il fournit aussi une très grande qualité de mesurage.

Par ailleurs, le développement d'un système de détection de verglas s'est poursuivi. La surveillance intensive du prototype installé au mont Bélair, au nord de Québec, nous a permis de constater que l'appareil fonctionnait de façon précise et fiable. La fabrication de 10 systèmes complets de mesure de verglas, incluant les sondes externes et le dispositif de commande, a débuté ; ils seront installés dans des endroits stratégiques du réseau. La fabrication de plusieurs autres de ces appareils répondant aux besoins d'Hydro-Québec suivra très bientôt et une commercialisation est également prévue.

Enfin, le système de télécommande en ligne à Saint-Jérôme est officiellement entré en exploitation en janvier 1985. Les résultats techniques sont très positifs, et en ce qui a trait au service à la clientèle, on a observé une réduction substantielle de la durée des interventions. De plus, nous avons terminé la mise au point du matériel d'une deuxième version plus performante et moins coûteuse de ce système, fondée sur la technologie CMOS.

SYSTÈMES D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DES DONNÉES

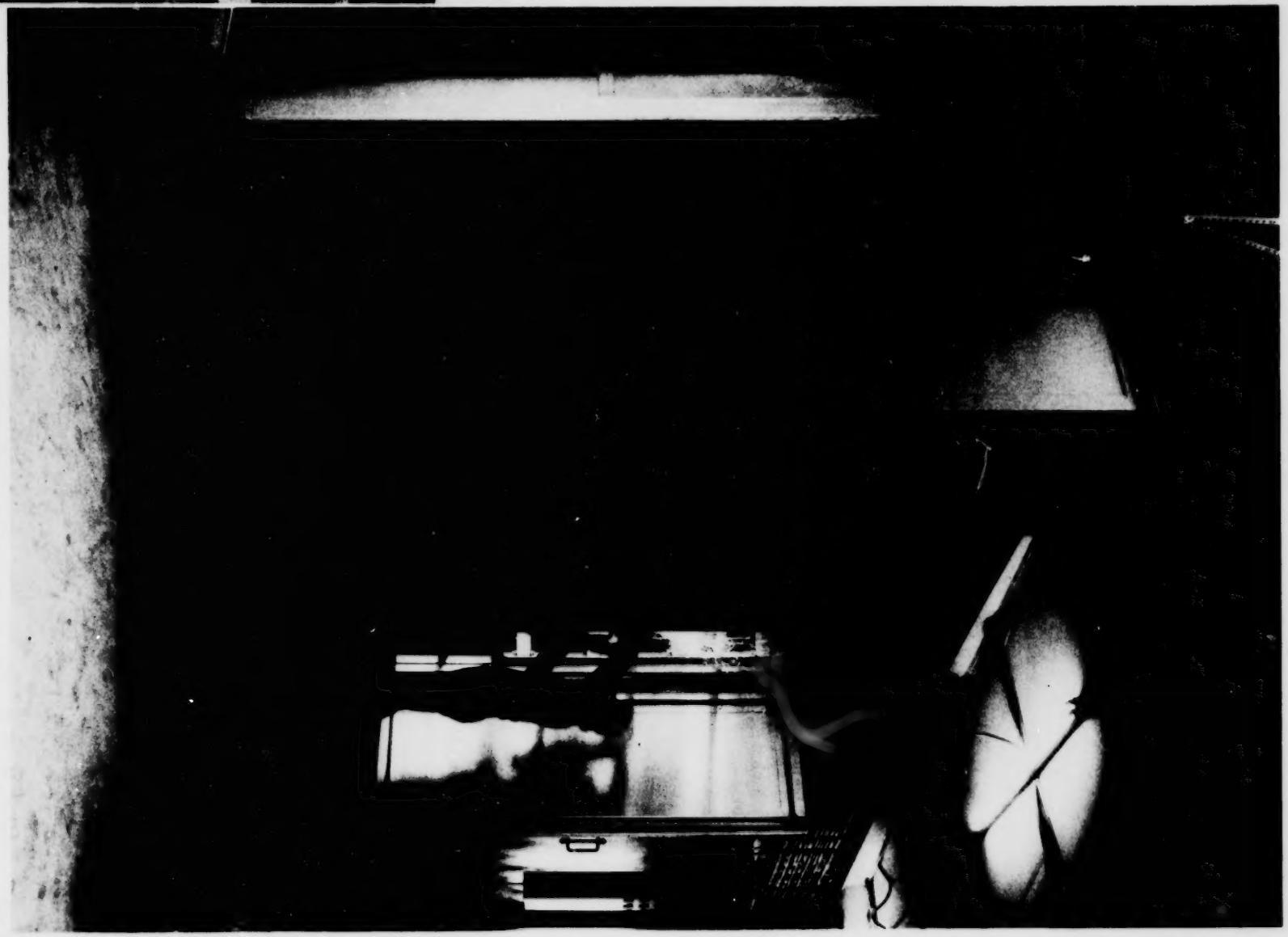
CHEF DE SERVICE
BENOÎT PODESTO

Nous avons conçu une nouvelle architecture d'ordinateurs visant à satisfaire les besoins de l'IREQ. Nous avons retenu, comme principale caractéristique de cette configuration, le logiciel d'exploitation UNIX car il peut être implanté sur la plupart des familles d'ordinateurs de l'Institut et possède l'avantage de favoriser le transfert des applications entre les diverses gammes d'ordinateurs. Compte tenu de cette nouvelle orientation, nous avons adapté des logiciels d'acquisition et de visualisation de données afin de pouvoir les utiliser dans la plupart des applications pilotées par des micro ou des mini-ordinateurs. La mise en route des ordinateurs disposés selon cette nouvelle architecture est prévue pour le printemps 1986.

De plus, en collaboration avec le service Radiocommunications et Téléinformation d'Hydro-Québec, nous avons implanté un réseau de transmission de données à haute vitesse de type ETHERNET, sanctionné par la norme IEEE 802.3. Le système permet de relier les ordinateurs du réseau informatique scientifique entre eux et facilite le partage des ressources telles que les disques à grande capacité et les imprimantes au laser. Une section de ce réseau rejoint le laboratoire Grande puissance. On utilise la fibre optique car elle est insensible aux perturbations électriques que l'on retrouve autour et dans ce laboratoire. Une fois l'implantation de la nouvelle architecture d'ordinateurs terminée, ce réseau comprendra 10 mini-ordinateurs, 30 micro-ordinateurs et environ 100 terminaux. Nous prévoyons intégrer les installations du laboratoire Haute tension dès l'été 1986.

Dans le cadre de la mise au point d'un système intégré de traitement et d'édition graphique, nous envisageons une configuration intelligente distribuée en postes de travail avec écran à haute résolution. Le logiciel d'exploitation choisi est de type UNIX pour qu'il soit compatible avec l'ordinateur central. Quant au logiciel graphique de base, le GKS (Graphic Kernel System) satisfait nos objectifs relatifs au transfert et à la normalisation, et procure à l'ensemble des usagers un environnement graphique complet et polyvalent. Parallèlement, le logiciel de visualisation et d'analyse de signaux VISA a été implanté sur les micro-ordinateurs personnels de IBM.

Par ailleurs, un logiciel intégré de gestion, d'acquisition et de traitement des données a été développé à partir du logiciel UNIX. Il a comme fonctions principales la préparation des paramètres d'essais, l'acquisition des données provenant de 32 canaux (avec un maximum de 64) à un taux combiné d'un méga-échantillon par seconde, et le traitement en place des données. Ce logiciel fonctionne en mode multi-usager et possède les caractéristiques suivantes : un fonctionnement en mode pleine page d'une interface interactive de saisie, de validation et de mise à jour des paramètres, ainsi qu'un langage interprété permettant le traitement mathématique et statistique des signaux acquis au cours d'essais en laboratoire.



DIRECTEUR
ANTOINE THÉORÊT

En octobre 1984 se déroulaient les premières rencontres exploratoires entre les représentants de l'IREQ et ceux de Cascades Inc. qui souhaitaient augmenter leur capacité de production en se dotant d'un troisième four destiné au séchage des cartons à œufs faits de pâte moulée. L'électrification du procédé permet d'utiliser un four deux fois plus compact que les fours classiques pour une productivité de 10 à 30 % supérieure.

Le personnel de la direction a proposé à Cascades Inc. un four à infrarouge de grande efficacité énergétique grâce à son isolation et à la recirculation contrôlée de l'air utilisé dans le procédé. Le four offre donc l'avantage d'une technique innovatrice de séchage mixte infrarouge-convection forcée d'air chaud. Les chercheurs ont d'abord caractérisé le matériau et le procédé, puis déterminé les technologies les plus adéquates aux objectifs de Cascades Inc. Ils ont ensuite effectué les différents essais en laboratoire pour déterminer si l'on pouvait appliquer ces technologies au procédé et quelles étaient leurs caractéristiques d'exploitation.

Dans sa conception finale, le four construit par la compagnie Pyradia a une puissance installée de 1,2 MW. La puissance de chauffage de l'air destiné à la phase finale du procédé de séchage provient des pertes par convection des sources infrarouges. Ainsi, le rendement global du four est supérieur au rendement radiatif des sources infrarouges mises au point en étroite collaboration avec Pyradia.

L'aménagement du four sur le site, réalisé en décembre 1985, a permis de rendre la nouvelle installation complètement opérationnelle au cours de mars 1986. Un suivi est prévu pendant la première année d'exploitation pour optimiser les caractéristiques de fonctionnement du four.

Ce projet, qui intègre l'électricité dans un procédé classique de séchage, constitue une première au Québec. Nous sommes confiants que d'autres projets similaires se concrétiseront dans un proche avenir du fait des grandes possibilités d'application de l'électricité dans l'industrie, que ce soit pour l'innovation ou la rénovation.

La société Pyradia a construit un four de 1,2 MW pour Cascades Inc. à partir d'un concept global qui intègre les économies d'énergie et une technique innovatrice de séchage mixte infrarouge-convection forcée d'air chaud proposée par les chercheurs de l'IREQ.

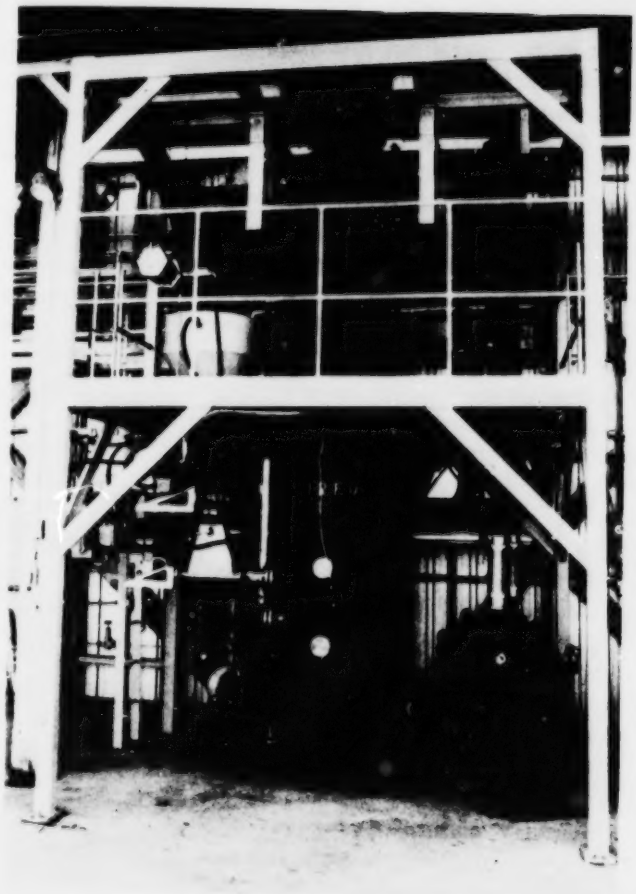
ÉLECTROTECHNOLOGIES INDUSTRIELLES ET CONVERSION D'ÉNERGIE

CHEF DE SERVICE
par intérim
YVES LANGHAME

L'année 1985 a marqué le début d'une vague d'intérêt croissant dans le domaine des électrotechnologies industrielles, caractérisée par une collaboration étroite avec les clients externes et le groupe Marchés internes d'Hydro-Québec. L'utilisation intensive des équipements, des laboratoires, des outils de calcul et des ressources humaines nous ont permis d'offrir un support technique dans de nombreux projets d'électrification de procédés industriels. Nos premières interventions ont visé le procédé le plus énergivore au Québec : le séchage. Certaines de ces applications se sont concrétisées en 1985 et d'autres sont prévues pour les mois à venir. Elles intègrent principalement les technologies de l'infrarouge, des hautes fréquences et de l'induction. Notre contribution a porté sur la caractérisation des produits et des procédés susceptibles d'utiliser ces technologies et sur des programmes de mesures en laboratoire.

Au chapitre des pompes à chaleur, l'exploitation d'un banc d'essais a permis d'entreprendre de nouvelles études concernant le matériel à vocation résidentielle. L'étude comparative du comportement d'une pompe à chaleur utilisant un mélange non azéotropique (13B1/502a) par rapport à celles qui utilisent des réfrigérants classiques, a permis de constater qu'à basse température, la première était plus performante. Par ailleurs, nous avons étudié le comportement des surfaces des échangeurs à haut flux d'huile pour déterminer le coefficient de transfert de chaleur local en régime d'ébullition nucléé. Enfin, le processus de givrage des évaporateurs à air a fait l'objet d'une investigation détaillée ; nous nous sommes attachés à visualiser le mécanisme de formation du givre et à quantifier son impact sur les performances de la pompe à chaleur.

Dans le cadre d'un contrat avec l'ACE, nous avons terminé les travaux de mise en œuvre d'un dispositif expérimental de grandeur réelle destiné à mesurer les échauffements des câbles de distribution dans un massif souterrain de béton lorsque le circuit est soumis à des charges journalières cycliques. Les activités de mesure ont pris fin cette année et l'analyse des résultats a permis de déterminer plusieurs éléments essentiels pour la conception et l'exploitation de ce genre de circuits, telle la conductivité thermique des agrégats de remplissage autour du massif. De plus, les mesures expérimentales ont permis de valider le programme numérique de calcul des champs thermiques autour du massif. Le programme mis au point par les chercheurs, en collaboration avec la région Richelieu d'Hydro-Québec, a été implanté avec succès sur le réseau informatique de l'entreprise. Il fournira des données de conception et d'exploitation aux ingénieurs.



En collaboration avec Biosyn, nous avons construit et ensuite exploité un gazogène pilote à lit fluidisé. Ce gazogène de 30 cm de diamètre sur 4 m de hauteur est alimenté en déchets de bois en continu à un taux qui peut atteindre jusqu'à 100 kg/h. Toutes les réactions de pyrolyse et de combustion se produisent dans un lit fluidisé de sable, maintenu en suspension par un courant ascendant d'air ou d'oxygène pur. Le gaz formé est essentiellement composé d'hydrogène, de monoxyde et de dioxyde de carbone et de méthane. Sa composition le destine particulièrement bien à la production de méthanol. Toutefois, il est actuellement évacué et brûlé dans une torchère.

Le gazogène pilote à lit fluidisé construit et exploité en collaboration avec Biosyn.

ÉOLIENNES

CHEF DE SERVICE
ALBERT WATTS

Dans le cadre du projet Éole, les activités de recherche analytiques et expérimentales sur l'énergie éolienne continuent d'être axées sur le développement des grandes éoliennes du type Darrieus. Cependant, certains travaux, comme l'étude sur l'aménagement d'un parc d'éoliennes aux îles de la Madeleine, ont porté sur l'intégration d'éoliennes plus petites à des réseaux électriques isolés, alimentés par des groupes diesels. D'autre part, l'expertise acquise dans le domaine des éoliennes a servi à des études sur les machines tournantes et les groupes des centrales hydroélectriques, ce qui étendra les compétences du service à d'autres champs d'activité.

Le projet Éole, qui consiste à construire un aérogénérateur Darrieus de 4 MW ayant un rotor de 64 m de diamètre sur 96 m de hauteur, accusait une année de retard à la fin de 1985. Selon le nouvel échéancier, l'érection du rotor est prévue pour octobre 1986 en raison de difficultés rencontrées par le constructeur dans le soudage des diverses sections des pales. La construction des autres composants est terminée et certains sont déjà installés à Cap-Chat, prêts à recevoir le rotor. Rappelons que le projet Éole est financé à parts égales par Hydro-Québec et le CNRC.

Au cours de l'année, l'éolienne expérimentale de l'IREQ a servi à plusieurs études. Dans le cadre d'un projet de l'ACE, nous avons effectué des essais sur les caractéristiques du régulateur à courant continu destiné à la commande à vitesse variable de l'aérogénérateur, sur le comportement dynamique d'une configuration à six haubans et sur l'identification des modes de vibration propres au rotor à l'arrêt. Enfin, dans le but de réaliser des analyses modales du rotor en mouvement, nous avons installé un système d'acquisition et de transmission de données par fibre optique, mis au point par le service Automatismes, Mesures et Communications.

Sur le plan analytique, le développement de divers modèles mathématiques s'est poursuivi et les résultats obtenus avec l'éolienne expérimentale ont permis de les valider. Les principaux domaines reliés à ces activités sont la prévision des forces et des performances aérodynamiques des rotors Darrieus, la modélisation et l'étude du comportement dynamique de leur structure, ainsi que l'analyse modale, la modélisation et l'étude de la dynamique du train de puissance et du système de commande des aérogénérateurs.

D'autre part, nos connaissances en dynamique des machines tournantes nous ont permis de calculer, pour la compagnie Hymac Ltée, les vitesses critiques des raffineurs de pâtes à papier thermomécaniques à haut rendement. De plus, nous avons mené plusieurs études pour le compte d'Hydro-Québec : analyses statiques et dynamiques des roues de turbines hydrauliques, modélisation et simulation numérique d'une installation hydroélectrique et surveillance des groupes turbine-alternateur.

FUSION

CHEF DE SERVICE
RICHARD BOLTON

Comme par le passé, les activités du service ont concerné principalement un projet conjoint d'Hydro-Québec et du CNRC, le Tokamak de Varennes, entrepris avec la collaboration de l'INRS-Énergie, de l'Université de Montréal, de Canatom Inc. et de MPB Technologies Inc. Les principales réalisations ont trait à la construction des composants du tokamak et à son infrastructure.

Sur un budget d'environ 23 M$ pour les installations, près de 7 M$ ont été dépensés au cours de 1985. Parmi les plus importantes livraisons, citons l'ensemble des alimentations électriques comprenant les transformateurs de puissance, le système de commutation du courant de plasma, les panneaux d'interconnexion des bobines poloïdales et l'appareillage à 25 kV destiné au hall du tokamak.

Quant aux composants du tokamak, la colonne de support centrale et les anneaux en fibre de verre sont déjà sur le site. L'assemblage des couronnes en bronze et des supports inférieurs est considérablement avancé. À la fin de l'année, les quatre bobines de champ toroïdal (TF) étaient polymérisées et la première bobine de champ poloïdal (PF) nous était livrée. De plus, nous installions les hublots horizontaux, un élément critique de construction de la chambre à vide.

Les systèmes de refroidissement des bobines sont terminés jusqu'au périmètre du tokamak. Ils comprennent la tour de refroidissement, les pompes, les échangeurs de chaleur et l'ensemble des raccords, vannes et tuyaux. Les travaux électriques ont eux aussi progressé. Ainsi les chemins de câbles, les câbles à 25 kV et les filtres harmoniques ont été posés, les gros équipements sont à leur place et l'installation des interconnexions a débuté. Le système de ventilation de la cellule et la grue à flèche ont été aussi mis en place.

Le système de contrôle-commande de la machine est maintenant installé dans la salle de commande dont la construction est terminée. La mise en service des divers sous-systèmes, en commençant par les systèmes à vide et de refroidissement, se fera progressivement à partir de ce poste centralisé.

Au plan scientifique, l'équipe des théoriciens a continué à collaborer avec ses confrères du Culham Laboratory en Angleterre et du MIT. Les travaux portent sur l'étude des phénomènes de propagation des radiofréquences dans les plasmas chauds et d'induction de courants électriques dans les plasmas toriques à l'aide de ces ondes.

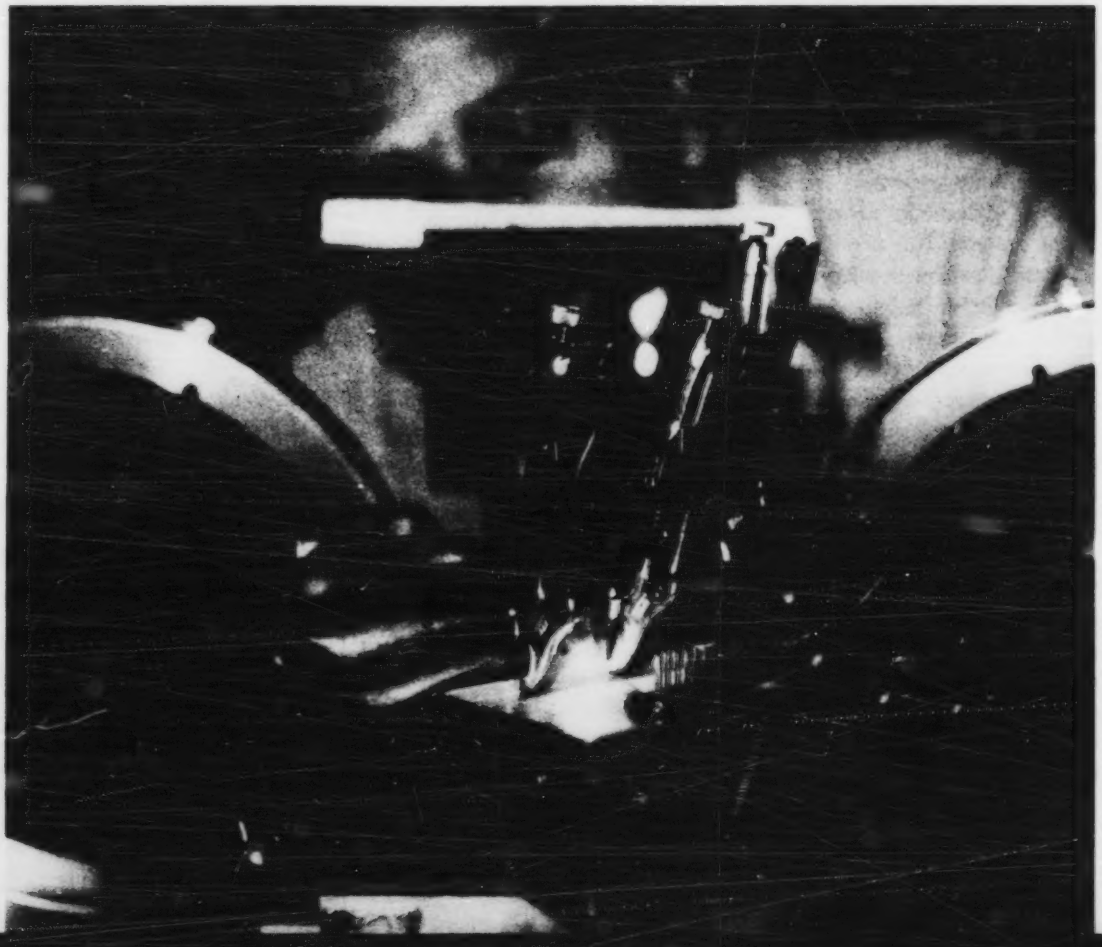
Selon le présent échéancier, la production du premier plasma, étape marquante pour le début de l'exploitation, est projetée pour la fin de l'été 1986. Enfin, mentionnons qu'à la suite d'une décision du gouvernement fédéral, la responsabilité de l'exploitation du Centre de recherche incorporant le tokamak sera transférée du CNRC à L'Énergie Atomique du Canada, Limitée.

HYDROGÈNE ET ÉLECTROCHIMIE

CHEF DE SERVICE
GUY BÉLANGER

En vertu d'une entente intervenue à la fin de 1984 entre Hydro-Québec et la société française Elf Aquitaine dans le cadre du projet sur les accumulateurs à électrolytes polymères, les travaux de l'année ont été orientés vers des cibles de commercialisation bien définies et ont donné lieu à la mise au point de prototypes de laboratoire. Ainsi, on a démontré qu'il est techniquement possible de construire plusieurs dizaines d'accumulateurs de près de 160 cm^2. Ces derniers ont été assemblés en batteries ayant une capacité d'environ 90 W/h à 100 °C et d'environ 1 W/h à 25 °C. Vu les tendances des marchés et l'état de la technologie, nous concentrerons nos efforts surtout sur la technologie à haute température (100 °C).

En mai, dans le cadre de ses activités de diversification, Hydro-Québec annonçait la construction, à Shawinigan, du Laboratoire de technologies électrochimiques (LTE) au coût de 12,9 M$, qui devrait être inauguré en septembre 1986. Le LTE aura une vocation industrielle, c'est-à-dire qu'il sera un centre de développement dont les activités seront axées sur la démonstration à l'échelle pilote ou industrielle de technologies ou de procédés qui intègrent les applications de l'énergie électrique à la chimie industrielle. On mettra au point des produits, des techniques ou des dispositifs issus des laboratoires de recherche de l'IREQ ou de l'extérieur. Le personnel du LTE comprendra 48 personnes, en majorité



des ingénieurs de recherche et des techniciens. Durant les premières années, on estime que son budget d'exploitation annuel sera de 4 M$. En vertu d'une entente conclue entre les gouvernements canadien et québécois sur le développement scientifique et technologique, tous deux contribueront au financement des frais d'exploitation.

Par ailleurs, deux prototypes commerciaux d'un microhmmètre développé par le service ont été livrés pour essais. Cet instrument mesure de façon automatique et simple la résistance de contact entre deux surfaces ou points liés soit par soudure, soit par compression, avec une précision de l'ordre de ± 0,02 μΩ. Ces prototypes ont permis d'évaluer de façon satisfaisante les raccords de cavaliers d'alternateurs au cours d'une série d'essais à la centrale de Bersimis 1 d'Hydro-Québec. De plus, cet instrument a été utilisé pour l'essai non destructif des soudures des tiges de cuivre dans le cadre de la construction du tokamak.

Nous avons aussi entrepris une nouvelle série d'essais des sondes Hydran 201, qui mesurent l'hydrogène dissous dans l'huile des transformateurs. Ainsi 13 transformateurs de courant du poste Saguenay d'Hydro-Québec ont été équipés de ces sondes développées à l'IREQ. Le programme d'essais comprend une prise de données automatisée et leur transmission à l'IREQ par liaison téléphonique. Le système d'acquisition et de traitement a été réalisé par la division Gestion des instruments. L'objectif de l'essai est de suivre en continu la teneur en hydrogène des équipements pour tenter de déceler les problèmes d'exploitation des transformateurs soumis à une tension de 735 kV.

Dans une enceinte à atmosphère contrôlée, un spécialiste termine l'assemblage d'un prototype expérimental d'une batterie de piles à électrolytes polymères.

ISOLANTS ÉLECTRIQUES

CHEF DE SERVICE
HUGUES ST-ONGE

Nous avons poursuivi d'importants travaux pour l'EPRI sur la mise au point de techniques analytiques servant à diagnostiquer le vieillissement des câbles extrudés. Plusieurs nouvelles approches ont été proposées pour la caractérisation physico-chimique du vieillissement des isolants polymériques. Les problèmes de l'eau et des contaminants dans l'évolution des arborescences électrochimiques ont fait l'objet d'études exhaustives. Il est permis de croire que ces travaux contribueront au développement de câbles extrudés améliorés et plus fiables. Dans le même ordre d'idées, nous négocions avec la direction Distribution d'Hydro-Québec une étude diagnostique du réseau souterrain de distribution d'Hydro-Québec qui doit débuter sous peu. Elle a pour but de caractériser les câbles vieillis en service et d'apporter des solutions concrètes au problème de vieillissement de ces derniers.

Dans le domaine des huiles isolantes, nous avons entrepris des travaux sur la caractérisation des BPC dans les huiles et sur la qualité des huiles décontaminées selon différents procédés. L'expertise du service est mise à profit dans le cadre du programme de décontamination et d'élimination des BPC d'Hydro-Québec. De plus, nous avons poursuivi, pour le compte de l'ACE, des travaux sur la résistance à l'oxydation des huiles de transformateur régénérées et sur la mise au point d'un nouvel essai de vieillissement sur modèle réduit destiné aux systèmes d'isolation imprégnés à l'huile. Parallèlement à ces travaux, nous cherchons à établir des critères d'entretien préventif pour les circuits de câbles à très haute tension à l'huile fluide. Ces critères reposeront plus particulièrement sur la teneur en gaz dissous de l'huile des câbles ainsi que sur des mesures de niveau de décharges partielles.

Les études sur les techniques servant à déterminer le vieillissement et la dégradation des enroulements du stator des machines tournantes se sont poursuivies. Récemment nous avons entrepris, pour l'ACE, des recherches à caractère fondamental sur l'interprétation et la nature des spectres de décharges partielles dans les systèmes isolés à l'époxy. Ces activités s'inscrivent dans le cadre d'un programme de développement d'un nouveau système de mesure en continu des décharges partielles sur les alternateurs.

Mise au point de techniques analytiques servant à diagnostiquer le vieillissement des câbles extrudés.

L'étude du comportement à long terme des isolateurs composites destinés aux lignes à haute tension s'est poursuivie. Nous nous sommes penchés, entre autres, sur les propriétés mécaniques et électriques à long terme d'un nouvel isolateur sur le marché. D'autre part, nous avons comparé différentes méthodes d'évaluation du vieillissement des ailettes des isolateurs composites. L'étude menée pour l'ACE sur l'effet de la superposition des différents types de contraintes mécaniques a révélé que certaines combinaisons de ces contraintes diminuent de façon appréciable la vie utile des isolateurs. Nous avons préparé un rapport faisant le point des recherches des huit dernières années sur les isolateurs composites et traitant des perspectives d'évolution de ce domaine.

MÉTALLURGIE ET TECHNOLOGIE DU NUCLÉAIRE

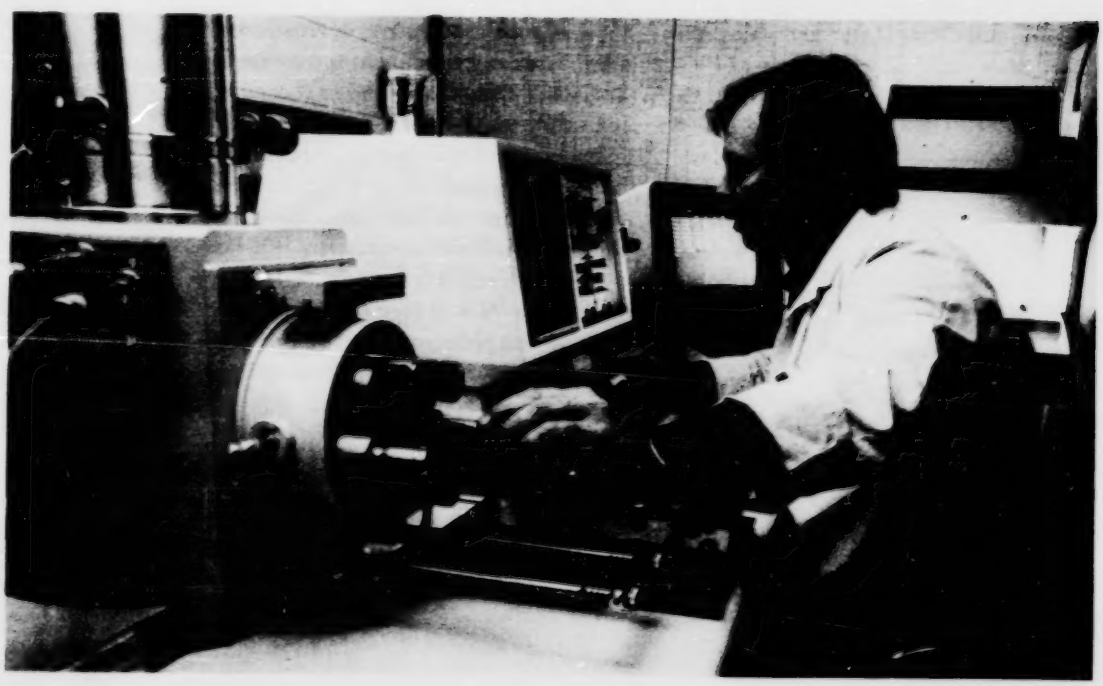
CHEF DE SERVICE
RAYMOND ROBERGE

Au cours des dernières années, Hydro-Québec a dû remplacer plusieurs arbres de groupes turbine-alternateur qui présentaient des fissures. À la demande du service Appareillage mécanique d'Hydro-Québec, nous avons entrepris un projet de recherche qui permettrait d'évaluer la possibilité de réparer ces arbres par soudage. Il a donc fallu mettre au point un procédé de soudage qui ne formerait pas de régions fragiles dans la zone thermiquement touchée. Par ailleurs, nous avons évalué une nouvelle technique de mesure des contraintes résiduelles basée sur l'effet magnétostrictif. Des essais mécaniques et non destructifs ont démontré que l'on pouvait réparer des fissures pouvant atteindre trois centimètres de profondeur. De plus, des mesures ont confirmé qu'un arbre endommagé possède encore une bonne résistance à la fatigue en dehors des zones fissurées. Un premier arbre a donc été réparé à la centrale de Beauharnois.

Un nouvel acier inoxydable à faible teneur en cobalt et ultra-résistant à la cavitation érosive (IRECA), que nous mettions au point dans nos laboratoires depuis deux ans, a trouvé sa première application. En collaboration avec une entreprise québécoise, nous avons développé une nouvelle électrode enrobée pour le soudage manuel. Plusieurs lots expérimentaux de ces électrodes ont été préparés et évalués en laboratoire. Après certains ajustements apportés à la nature et à la composition chimique de l'enrobage, un premier lot industriel a été fabriqué et utilisé dans une centrale pour réparer des dommages causés par la cavitation à une turbine Francis. Une licence de fabrication devrait être accordée prochainement, ce qui rendrait cette nouvelle électrode disponible sur le marché dès 1986. On envisage aussi d'autres applications.

En robotique, les axes de recherche privilégiés sont la mécanique et la commande des robots transportables, légers et compacts, le contrôle adaptatif des procédés et les systèmes experts. Ces domaines sont à la base de la plupart des applications de la robotique à Hydro-Québec. On développe actuellement un système robotisé compact dans le cadre d'un projet de l'IREQ et d'Ontario Hydro cofinancé par l'ACE. Il s'agit de réaliser d'ici à l'été 1987 un prototype susceptible de profiler, gouger, souder et meuler les dommages causés par la cavitation.

Parmi les nombreuses applications des matériaux amorphes qui présentent un intérêt pour l'entreprise, ceux qui concernent les transformateurs de distribution retiennent l'attention. Un modèle expérimental d'un transformateur sec de 100 kVA à circuit magnétique enroulé a été réalisé pour valider la conception globale ainsi que les techniques de fabrication. Un modèle de 25 kVA a également été construit et sera évalué en 1986. Parallèlement à ces activités, nous avons consacré d'importants efforts à la préparation des matériaux, à la conception et à l'assemblage d'un système de fabrication, ainsi qu'à la mise sur pied d'un laboratoire de caractérisation en vue de déterminer la composition chimique globale, la microstructure, la morphologie et la composition de surface de divers matériaux.



Le service a fait l'acquisition d'un nouveau microscope électronique à balayage doté d'un système d'analyse par énergie dispersée.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DES PLASMAS

CHARGÉ D'ÉQUIPE
MICHEL G. DROUET

L'année écoulée a vu une expansion importante des activités de l'équipe tant à l'IREQ, avec l'installation d'un second réacteur PLASMACAN et d'une torche à érosion contrôlée, qu'à l'extérieur, avec l'installation et la mise à feu d'un réacteur PLASMACAN à l'Université de Sherbrooke et la mise en service d'une torche à plasma au Centre de recherche minérale (CRM) à Québec.

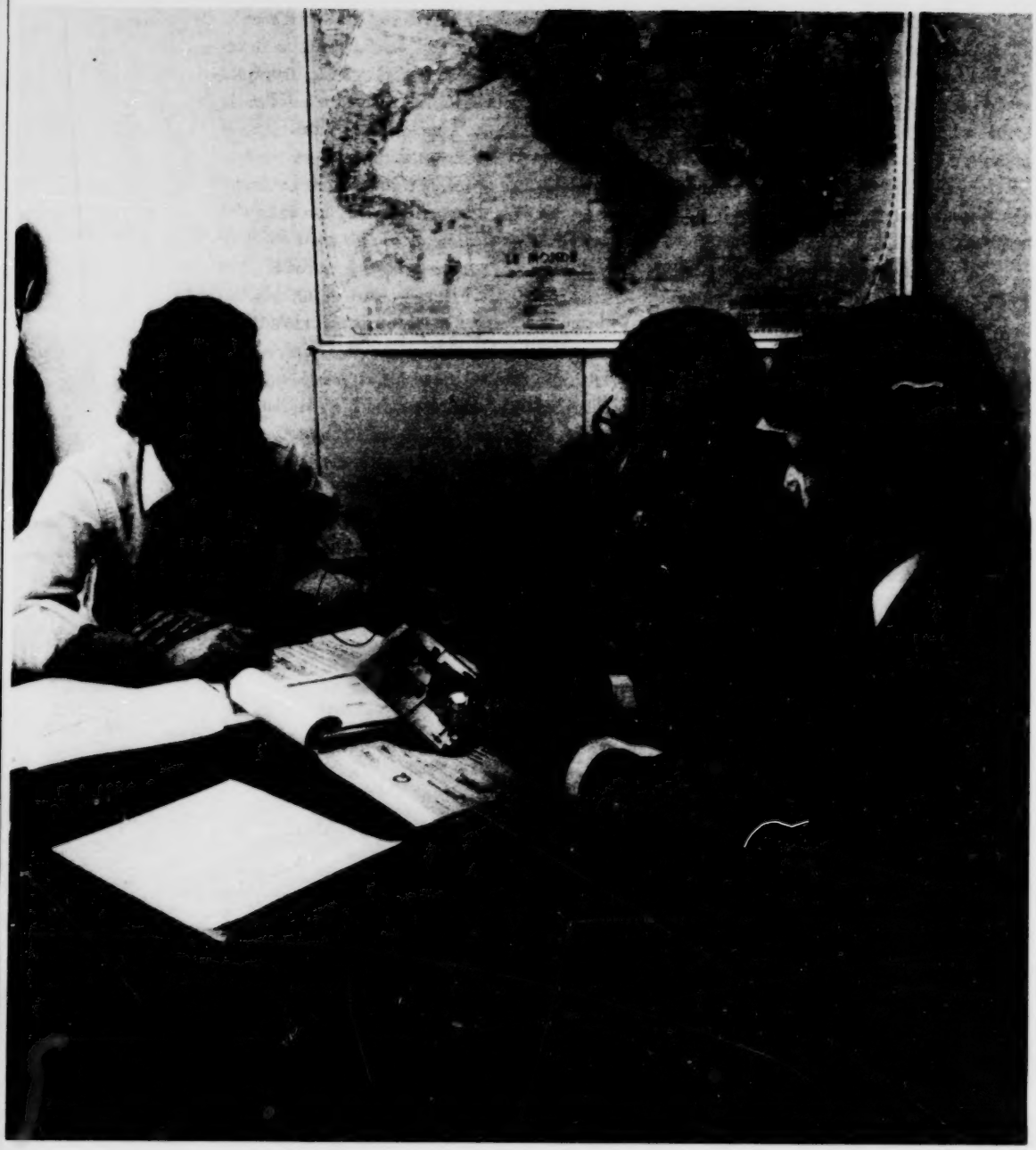
Le second réacteur de l'IREQ a une puissance de 100 kW. Équipé d'un manchon isolant qui, avec une température de surface interne supérieure à 1 500 °C, permet la fusion et la formation du film ruisselant, il a été utilisé cette année pour des essais de traitement des poussières de four à arc contenant, entre autres, des oxydes de fer, de zinc et de plomb. Dans le four PLASMACAN, la fusion s'obtient sans agglomération ni traitement préalable des poussières.

L'autre réacteur PLASMACAN, d'une puissance de 50 kW, a servi à produire de la fumée de silice (silice amorphe) : on injecte de la silice dans le manchon pour former un film ruisselant. La fumée de silice produite est collectée dans le filtre. Sous une atmosphère d'hydrogène, elle est de couleur brune. Par contre, l'injection de vapeur d'eau ou d'oxygène permet d'obtenir une poudre blanche très fine (< 325 mailles), possédant des propriétés comparables à celle de la silice amorphe commerciale.

Quant au réacteur installé à l'Université de Sherbrooke dans le cadre d'un contrat entre Hydro-Québec et CODATEL, il a une puissance de 250 kW. Mis à feu en octobre 1985, il sera, après optimisation, utilisé pour mettre au point des procédés industriels. L'Institut coordonne l'utilisation de ce moyen d'essai de concert avec l'industrie québécoise.

Par ailleurs, nous avons terminé le montage de la torche à plasma de 100 kW équipée d'un système de contrôle de l'arc et nous avons amorcé les essais préliminaires. Ils ont pour but de démontrer que l'optimisation de l'arc dans une torche permet d'augmenter la vie des électrodes de façon très appréciable.

Enfin, des essais de traitement des poussières de ciment ont débuté au CRM en vertu d'une entente entre l'IREQ, le CRM et la compagnie Ciment St-Laurent. La torche à plasma de 150 kW prêtée par l'Institut a été montée sur le four rotatif du CRM. Les essais, qui ont débuté en septembre 1985, devraient se poursuivre durant toute l'année 1986.



L'année 1985 a été marquée par une contribution particulièrement importante de l'IREQ aux politiques de commercialisation et de diversification d'Hydro-Québec. En effet, non seulement a-t-on vu nos activités de commercialisation augmenter de façon substantielle mais aussi faut-il noter des initiatives tels les séminaires sur la gestion de la technologie et de l'innovation et surtout la présentation de deux plans de nouvelles entreprises qui ont pour objectif de commercialiser des technologies développées à l'Institut.

L'une de ces entreprises a pour mission de mettre au point et de commercialiser une gamme de capteurs capacitifs permettant de mesurer l'entrefer d'un alternateur, siège d'importants champs magnétiques. Cette découverte, brevetée dans de nombreux pays, a suscité l'intérêt d'une compagnie internationale qui désire étudier conjointement avec Hydro-Québec un projet de fabrication de ce type de capteur pour le marché mondial. Cette entreprise devrait voir le jour en 1986.

La seconde entreprise, Cyme International Inc., adaptera et vendra une gamme de logiciels d'analyse de réseau déjà mis au point à l'IREQ. Elle a pour actionnaires Hydro-Québec et une société du secteur privé, ce qui lui assure dès le début de solides assises financières et techniques.

Ces deux expériences constituent un ballon d'essai pour Hydro-Québec, et d'autres projets similaires sont déjà à l'étude. On encourage ces projets pilotes car ils permettent à des employés entreprenants de contribuer pleinement et de façon personnelle à la diversification de l'entreprise.

Parmi les activités plus conventionnelles, tel l'octroi de licences de fabrication, l'année 1985 a vu la signature de plusieurs contrats importants. En effet, la société indienne EMC Steelal a obtenu une licence exclusive pour fabriquer et commercialiser l'entretoise d'Hydro-Québec en Inde, et une licence non exclusive pour commercialiser celle-ci au Moyen-Orient, en Afrique et dans le Sud-est asiatique. Haefely de Suisse a signé un accord de licence pour le développement et la commercialisation d'une nouvelle méthode d'essais de chocs pour les transformateurs. Cette méthode a été mise au point par l'IREQ avec la contribution de la compagnie ASEA. Par ailleurs, TECNAR de Montréal a obtenu une licence exclusive pour développer et commercialiser un appareil de mesure acoustique qui détermine la longueur d'un arc électrique en soudage. Brevetée dans plusieurs pays, cette technique est particulièrement utile au moment du soudage de parois très minces.

Au cours de rencontres réunissant chercheurs et spécialistes de la commercialisation, on évalue les nouveaux concepts technologiques en termes d'intérêt pour le client.

D'autre part, nos détenteurs de licences ont participé à des expositions industrielles où ils ont présenté leurs produits et trouvé des clients ou des distributeurs. Afin de les encourager davantage, l'IREQ a participé à l'exposition Transmission & Distribution à Chicago et a axé sa présentation sur les trois licenciés qui étaient présents. Ceux-ci considèrent que leur expérience a été profitable et qu'elle devrait être renouvelée. Signalons aussi le succès de l'un d'entre eux qui a signé un contrat de distribution d'une valeur de 2,2 M$ avec une société américaine. Il ne fait aucun doute que d'autres fabricants se joindront à nous pour l'exposition de 1986 commanditée par l'IEEE et qui aura lieu à Anaheim en Californie.

Pour qu'une technologie soit commercialisée rapidement et avec succès, il faut entreprendre très tôt dans le processus de l'innovation des études technico-économiques afin d'évaluer l'idée ou le concept en termes d'intérêt pour le client. Les trois projets qui ont fait l'objet de ces études sont l'inductance variable autorégulée à entrefers (IVACE), l'interconnexion asynchrone et un transformateur en acier amorphe. Ces études ont permis aux divers groupes concernés de se concerter et de mettre à profit leur contribution individuelle.

Par ailleurs, l'IREQ a continué de faire valoir son savoir-faire en obtenant des contrats de recherche et de formation sur le marché international. Mentionnons, entre autres, un contrat d'assistance technique prestigieux avec l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel. Le contrat porte sur la conception, la construction et la mise en service d'un circuit pilote d'essais synthétiques au Mexique, et sur la formation du personnel. Ce projet est l'aboutissement de plusieurs années d'efforts et de collaboration. Au Canada, l'ACE nous a octroyé plusieurs contrats dont le plus important porte sur le développement d'éléments résistifs chauffants à très haute température et à très haute tension pour le séchage dans les applications industrielles.

Enfin, pour améliorer sa gestion de l'innovation et de la technologie, l'IREQ a mis sur pied une série de séminaires à l'aide d'une firme de consultants, SECOR Inc. Une centaine de personnes ont assisté à chacun de ces 10 séminaires donnés par des conférenciers du monde des affaires américain et canadien, venus témoigner de leur réussite. Ces séminaires ont soulevé beaucoup d'enthousiasme et ont grandement intéressé le personnel de l'IREQ et les autres unités administratives d'Hydro-Québec. Ils devraient permettre d'accroître la rentabilité de nos activités de recherche et de développement.

INRS

COLLABORATIONS AVEC LES UNIVERSITÉS

L'année 1985 a été, une fois encore, une période de grande activité pour les membres de l'Institut en ce qui a trait aux cours et aux collaborations avec les universités.

En effet, plusieurs chercheurs ont donné des cours dans les universités, aux niveaux des deuxième et troisième cycles, et ont dirigé des mémoires de maîtrise et des thèses de doctorat.

Ils ont participé aux activités académiques d'institutions telles que :

- l'INRS-Énergie
- l'université McGill
- l'Université de Sherbrooke
- l'École Polytechnique de Montréal
- l'École des Hautes études commerciales
- l'université Laval
- l'université Western Ontario
- l'université de Waterloo (Ontario)

Les chercheurs ont œuvré dans des domaines aussi variés que les plasmas industriels et autres électrotechnologies, la caractérisation des matériaux, la conversion de l'énergie, le soudage, le génie électrique, le génie mécanique et l'analyse des systèmes.

Par ailleurs, l'Institut s'est associé avec des universités et des centres de recherche pour explorer différents domaines.

Par exemple, les recherches et les études entreprises en collaboration avec l'École Polytechnique ont été nombreuses en 1985. Elles ont porté sur la caractérisation des aciers à base de cobalt ultra-résistants à la cavitation, sur la mise au point d'un modèle de calcul des forces aérodynamiques exercées sur l'éolienne Darrieus et sur la commande et la gestion des réseaux électriques. De plus, la première phase d'un projet de recherche sur le stockage de l'hydrogène par voie chimique a été achevée tandis qu'on entreprenait des analyses par activation neutronique des contaminants dans l'isolation solide des câbles à haute tension. On a aussi effectué des recherches sur la spectroscopie photoacoustique afin de déceler la présence d'eau dans les diélectriques solides et liquides, et on a mesuré l'émission de rayons X induits par bombardement protonique en vue de caractériser l'arborescence électrochimique.

Toujours dans le domaine des huiles de transformateurs, l'Institut a collaboré avec le MIT de Boston dans le cadre d'une étude sur la mesure électro-optique du champ et des charges d'espace dans ces huiles, ainsi que dans les isolants solides des câbles extrudés.

Les phénomènes d'interaction laser-matière font l'objet de recherches réalisées en collaboration avec l'INRS-Énergie.

Dans le cadre d'un contrat avec la société CODATEL, l'IREQ a collaboré avec l'Université de Sherbrooke à la construction de deux bancs d'essais en vue de développer les applications industrielles de l'électricité. Le premier, de 250 kW pour plasmas, utilise la technologie PLASMACAN de l'IREQ pour mettre au point de nouveaux procédés métallurgiques. L'autre porte sur l'infrarouge pour l'utilisation de l'électricité dans le secteur des textiles.

Toujours avec l'Université de Sherbrooke, certains chercheurs ont étudié l'influence des pluies acides sur la corrosion des métaux utilisés dans le domaine de l'électricité, tandis que d'autres ont effectué les dernières mises au point nécessaires à l'utilisation des modèles de machines tournantes pour le service Études et Simulation de réseaux. Enfin, l'Université et l'Institut ont poursuivi une recherche sur la conception et la fabrication de capteurs pour la mesure de l'entrefer des machines tournantes tandis que des travaux ont été amorcés dans le domaine de l'électrosynthèse organique.

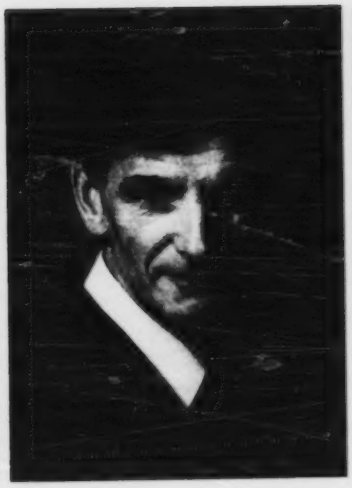
La fusion nucléaire, domaine d'avenir, a continué de faire l'objet d'études en 1985. L'IREQ et le MIT ont poursuivi leurs recherches théoriques sur le chauffage des plasmas tokamak par ondes électromagnétiques. En association avec l'INRS-Énergie, l'Institut a exploré davantage la fusion par laser, en particulier les phénomènes d'interaction laser-matière. Les deux instituts ont aussi collaboré avec l'Université de Montréal à la réalisation du projet Tokamak de Varennes, financé à parts égales par le CNRC et Hydro-Québec.

La collaboration avec l'Université de Montréal a touché aussi le projet ACEP sur les accumulateurs à électrolytes polymères, qui porte sur la mise au point d'une batterie légère à électrolyte solide.

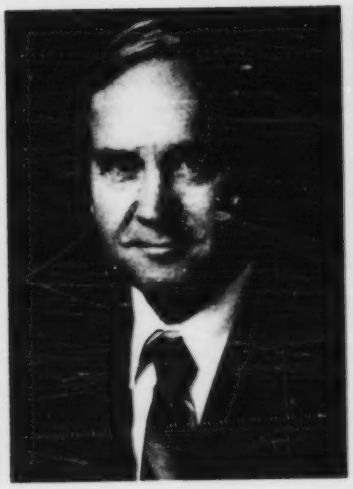
Enfin, l'IREQ et l'université McGill ont fait équipe pour étudier l'érosion des électrodes d'une torche à plasma en présence de différents gaz, et pour examiner de plus près les matériaux magnétiques amorphes et leur utilisation dans la construction de circuits magnétiques.

COMITÉ DE GESTION DE L'INSTITUT DE RECHERCHE D'HYDRO-QUÉBEC

Toby Gilsig,
vice-président, Recherche
et directeur de l'IREQ



Gilles A. Baril, directeur,
Matériel électrique



Jacques Hamelin,
chef de service,
Services techniques

Gérard Juneau,
chef de service par intérim,
Planification et Valorisation
de la recherche

Lacasse, chef de service,
ources et Information

Raymond Pronovost, directeur,
Ingénierie des systèmes

Farouk A.M. Rizk, directeur,
Transport de l'énergie

Antoine Théorêt, directeur,
Production et Utilisation
de l'énergie

Le directeur de l'Institut félicite les chercheurs qui ont été honorés par leurs confrères pour leurs travaux scientifiques :

Raymond Bartnikas, maître de recherche à la direction Production et Utilisation de l'énergie, a été nommé fellow de l'ASTM pour son importante contribution au domaine des isolants électriques. L'ASTM lui a également décerné le prix Charles B. Dudley pour deux monographies sur les diélectriques ainsi que le prix Arnold H. Scott pour ses travaux exceptionnels en matière d'isolants électriques.

Sarma Maruvada, chef du service Comportement électrique des lignes de transport, a été décoré d'une médaille par le Indian Institute of Science de Bangalore, en Inde, pour sa contribution au domaine du transport de l'électricité à haute tension.

Ashok Vijh, maître de recherche à la direction Production et Utilisation de l'énergie, a été nommé fellow de la Société royale du Canada pour l'originalité de ses travaux de recherche dans les domaines de l'électrochimie et de la physique électrochimique.

L'INSTITUT DE RECHERCHE D'HYDRO-QUÉBEC

Plus de 15 ans après sa création, l'Institut de recherche d'Hydro-Québec demeure un des plus grands centres de recherche en Amérique du Nord. Environ 350 chercheurs, techniciens et ingénieurs d'essais y travaillent dans de nombreux domaines touchant la production, le transport, la distribution et l'utilisation de l'électricité.

L'IREQ est avant tout un grand centre d'études et d'essais qui répond aux besoins d'expertise scientifique et technique d'Hydro-Québec. Toutefois, il met aussi son savoir-faire au service de clients extérieurs avec lesquels il signe des ententes de collaboration.

De plus, l'IREQ consacre une partie croissante de ses travaux à la mise au point de produits et de procédés nouveaux, et à la recherche de nouvelles applications industrielles de l'électricité.

Enfin, l'Institut poursuit des recherches à long terme en vue de prévenir les besoins de l'entreprise et de l'industrie en matière de développement technologique. Il s'intéresse notamment aux domaines de l'hydrogène, des accumulateurs à électrolytes polymères, de la robotique et de la fusion nucléaire.

Pour mener à bien recherches et essais, l'IREQ dispose d'installations importantes qui se développent et se perfectionnent en fonction de l'évolution de ses travaux. Il possède un laboratoire Haute tension où s'effectuent des essais nécessitant des tensions de 1 500 kV en courant alternatif ou ± 1 200 kV en courant continu, et un laboratoire Grande puissance qui sert à l'étude des matériels de grande puissance destinés aux grands réseaux. L'Institut dispose aussi de laboratoires de simulation de réseaux, d'électronique, d'électrotechnologies, de mécanique, de métallurgie, de chimie, d'électrochimie et de radio-isotopes.

En raison des services qu'il offre et du rôle de premier plan qu'il occupe dans le domaine de l'énergie électrique, l'IREQ collabore étroitement avec l'industrie électrique, les agences gouvernementales et des entreprises de services publics canadiennes et étrangères. De plus, il entretient des rapports suivis avec d'autres centres de recherche et le milieu universitaire.

Les activités de l'IREQ témoignent d'une vocation multiple et elles lui ont mérité, au cours des années, une renommée mondiale.

Dépôt légal – 2e trimestre 1986
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISSN 0709-3209
ISBN 2-550-12793-5

This report is available in English, upon request.

INSTITUT DE RECHERCHE
D'HYDRO-QUÉBEC

REPORT OF ACTIVITIES 1985

IREQ

LIST OF ACRONYMS

AISI	American Iron and Steel Institute
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
CEA	Canadian Electrical Association
CODATEL	Corporation de développement et d'application de technologies électriques (Québec)
EPRI	Electric Power Research Institute (US)
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (US)
INRS-ÉNERGIE	Institut national de la recherche scientifique (Québec)
MIT	Massachusetts Institute of Technology (US)
NRCC	National Research Council Canada

Cover:
Busbars carrying current to a 100-kA unipolar electrolyzer at IREQ's experimental hydrogen production plant in Varennes

CONTENTS

5 **Presentation by the Executive Vice President, Technology and International Affairs, and Director of IREQ**

9 **Power Transmission**

10 *Electrical Performance of Transmission Lines*
11 *Internal Insulation*
13 *Line Mechanics and Vibration*
15 *High-Voltage Measuring and Test Techniques*
16 *High-Voltage Laboratory*

19 **Electrical Equipment**

20 *Electrical Energy Conversion Equipment*
22 *Switchgear*
24 *High-Power Laboratory*

27 **Systems Engineering**

28 *Power System Analysis and Production Planning*
30 *System Studies and Simulation*
31 *Automatic Control, Measurement and Communications*
33 *Data Acquisition and Processing Systems*

35 **Energy Generation and Utilization**

36 *Industrial Applications and Energy Conversion*
38 *Wind Turbines*
39 *Fusion*
40 *Hydrogen and Electrochemistry*
42 *Electrical Insulation*
45 *Metallurgy and Nuclear Technology*
47 *Industrial Applications of Plasmas*

49 **Marketing**

53 **Collaboration with Universities**

56 **IREQ's Management Committee**

59 **Awards and Distinctions**

PRESENTATION BY THE EXECUTIVE VICE PRESIDENT, TECHNOLOGY AND INTERNATIONAL AFFAIRS, AND DIRECTOR OF IREQ

The results obtained over the past year reflect the efforts that have gone into enhancing the economic viability of Hydro-Québec and its research institute IREQ, a leading research and test centre serving the utility and industry at large.

Notable among the projects undertaken on behalf of the utility were direct-current studies for the Madawaska, Châteauguay and Des Cantons interconnections and the testing of thyristor valves for the Des Cantons substation, which will link the Hydro-Québec power system to that of New England. IREQ has also adapted its power system analysis programs to allow planners to simulate a multiterminal grid for the design of the sixth James Bay transmission line. Qualification of sacrificial surge arresters for the James Bay transmission system was completed, and a final report on the qualification of 735-kV circuit breakers for out-of-phase and unloaded-line switching was submitted.

In the area of substations, in situ testing of a mobile unit for checking the status of switchgear proved conclusive, and the utility ordered 12 units. In addition, a welding process developed at IREQ allowed Hydro-Québec to repair a fractured turbine shaft for the first time; this technique will generate considerable savings in shaft repair time and cost.

As for work for outside clients, an outside test area was set up in March following damage by fire to the high-voltage laboratory four months earlier. This allowed transformer testing activities to resume and to continue for the remainder of the year. Also, IREQ pursued its project with Cegelec Industrie Inc. on the development of SF_6 circuit breakers for very-low-temperature operation. It also worked in collaboration with the Québec firm, Joslyn, on the development of a hazard-free metal-oxide surge arrester.

On the international scene, IREQ carried out further work on the Sonelgaz project for a control and test centre in Algeria and provided technical assistance to the Instituto de Investigaciones Electricas in Mexico under a contract between Hydro-Québec and the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO).

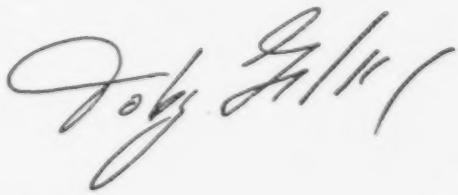
The year 1985 saw considerable activity in the marketing of new products. Power system analysis software packages were sold to the Public Utilities Board of Singapore and leased to Montreal Engineering Company Limited. The creation of Cyme International Inc., a subsidiary specializing in sophisticated power system management software adapted for personal computers, should lead to a significant growth in software sales.

IREQ was also highly active in industrial applications of electricity. As part of a project financed by the AISI, it conducted tests with Sidbec aimed at optimizing arc-furnace operation by reducing the energy consumption per tonne of steel and minimizing the disturbances caused on power supply systems. Also, in line with its role of serving the industrial sector, IREQ announced the construction in Shawinigan of an electrochemistry technology laboratory oriented towards the needs of industry. The laboratory is scheduled to open its doors in 1986.

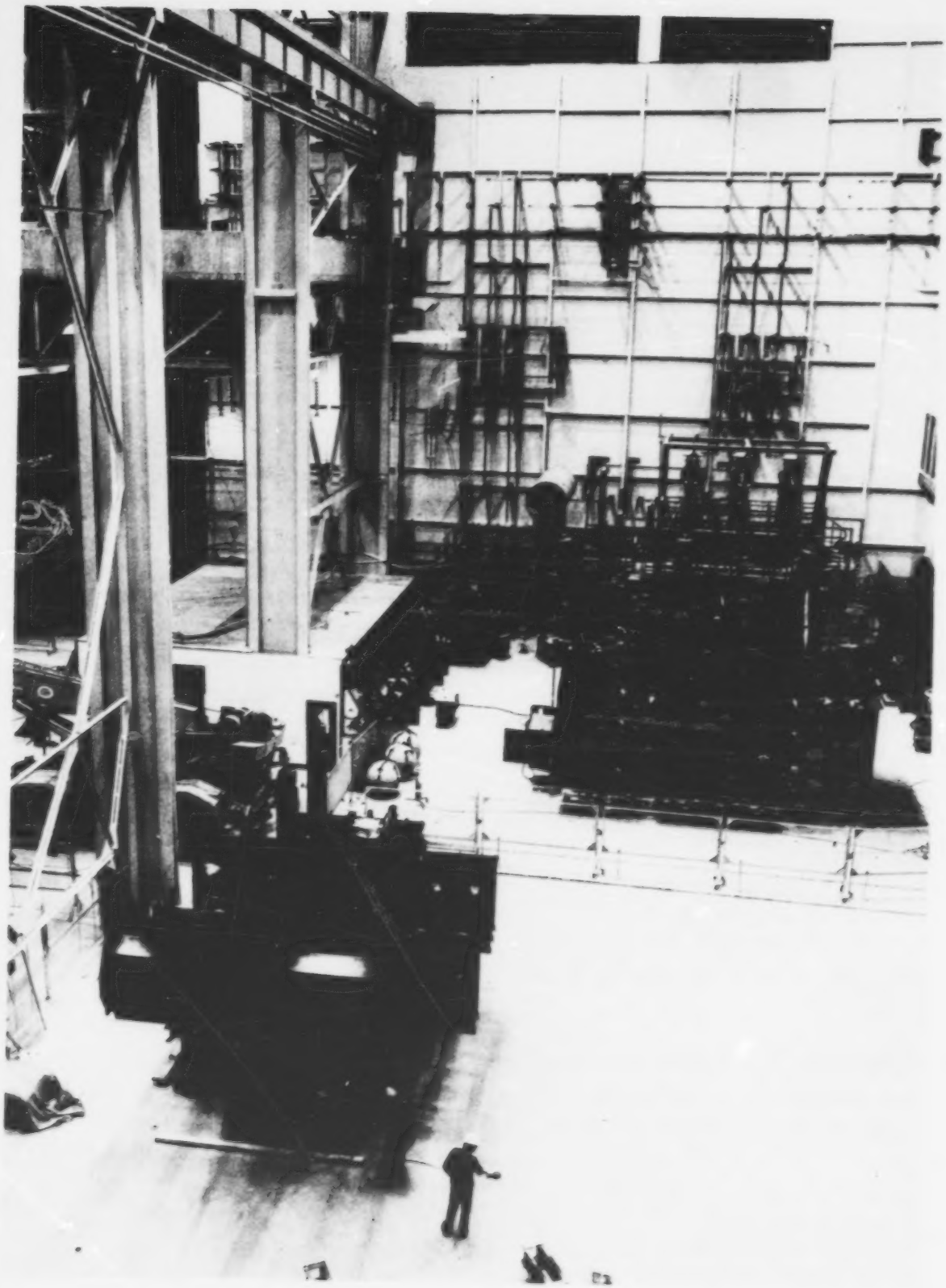
In addition, IREQ performed feasibility studies for Cascades Inc. to determine the electrical technologies best suited to drying fibrous insulating materials in a 1.2-MW oven. Cascades also followed IREQ's recommendation for the use of infrared technology for drying molded pulp.

Long-term research took place alongside these activities. IREQ worked with Ontario Hydro on a CEA-financed project to develop a compact robotized system for repairing turbine blades, and delivered the first experimental prototype of a polymer-electrolyte battery designed for operation at 100 °C. Encouraging results have been obtained in hydrogen research and work in this area will continue. In the field of plasmas, delays were experienced in completing the construction of the tokamak at IREQ but it is nevertheless expected that a first plasma will be obtained before the end of 1986.

Reading the following pages will show that the Institute's personnel have been as active as always in a wide range of technical innovation projects on behalf of the utility. These projects are the result of concerted action at all levels to optimize the management of IREQ's resource base and to fully exploit its scientific and technical potential. These efforts to increase IREQ's productivity will continue in order to better serve its clients, both within Hydro-Québec and throughout the world.



Toby Gilsig
Interim Executive Vice President,
Technology and International Affairs,
and Director of IREQ



DIRECTOR
FAROUK A.M. RIZK

On November 20, 1984, a fire broke out in a capacitor bank in the annex of the high-voltage laboratory. The capacitor bank comprised both mineral oil and askarel insulated units and the estimated volumes of oil and askarel which were burned were 2560 L and 670 L respectively. Smoke filled the building and soot samples taken next day for analysis showed that the levels of PCBs (polychlorinated biphenyls) and PCDFs (polychlorinated dibenzofurans) were such that both the building and the equipment were too contaminated for normal use. Decontamination and repair work were therefore undertaken so that normal activities could resume as soon as possible.

A coordinating team was set up to work out acceptable decontamination criteria, establish work priorities and coordinate the activities of the different parties involved, namely IREQ, Hydro-Québec's Generating Equipment department (Engineering and Construction), as well as the Medical and Environment departments. The coordinating team was also responsible for the participation of IREQ's personnel in the decontamination of the equipment and measuring instruments.

The task of decontaminating and repairing the laboratory was allotted to the Generating Equipment department (Engineering and Construction) and a team of specialists was formed to plan and monitor the sampling, interpret the results, and ensure the acceptance criteria were respected.

Four months after the fire, despite adverse weather conditions, an outdoor test area was prepared and put into operation. The laboratory's main hall became operational again on May 20, 1985, whereas tests in the pollution chamber in the laboratory annex resumed at the beginning of October. The first power transformer tests in the annex took place on November 20, exactly one year after the fire. Thus, before 1985 came to a close, IREQ's high-voltage laboratory was once again able to perform its full range of research and testing activities.

By the end of 1985, the high-voltage laboratory was once again able to carry out all its research and testing activities.

ELECTRICAL PERFORMANCE OF TRANSMISSION LINES

MANAGER
P. SARMA MARUVADA

Several new projects were initiated during 1985, all stemming from the priorities of the utility. One of these was the development of a new technique, for the evaluation of the performance of synthetic insulators in polluted conditions, as part of a project financed by the CEA on methods of accelerated aging of such insulators. The technique consists in using a combination of chemical and mechanical treatments, and spark-conditioning the insulators in a standard salt fog in which their flashover voltages are measured. This makes it possible to perform laboratory evaluations of the short- and long-term electrical performance of synthetic insulators in service, and compare them with conventional porcelain or toughened-glass insulators.

In a study undertaken for Hydro-Québec's Planning branch, the contribution of corona to attenuating dynamic overvoltages was assessed. Digital and analog models of the corona effect were developed, based on tests of a four-conductor bundle normally used on 735-kV lines. Using a digital model from the EMTP program, it was shown that corona can effectively limit dynamic overvoltages and also reduce the energy which has to be absorbed by surge arresters.

An in-depth experimental study was performed on the electrical and magnetic fields generated by Hydro-Québec's distribution network. A specially developed probe for rapid and accurate measurement of the magnetic field vector and a "free-body" probe for electric fields were installed in a mobile unit and used for a series of measurements around distribution lines and substations to characterize the electrical and magnetic environment. Mean values of 32 V/m were detected for electric fields and about 0.16 μT for the magnetic field.

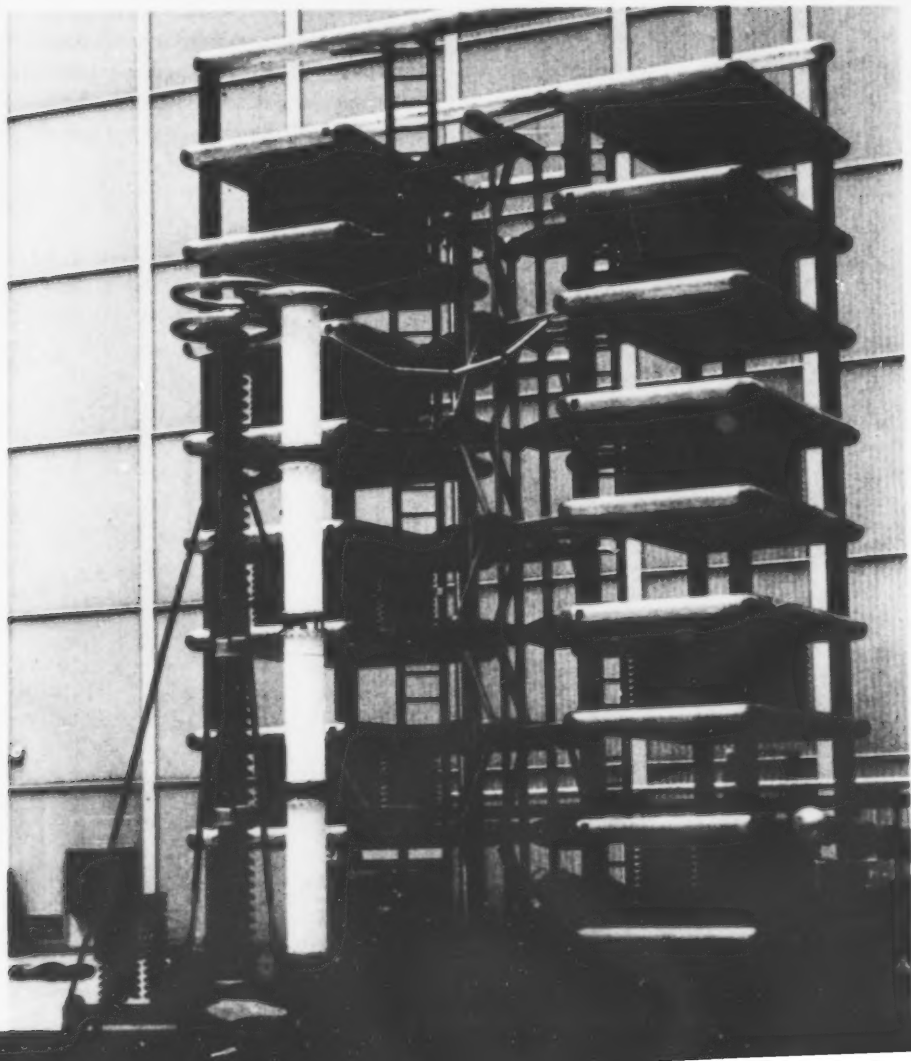
Finally, pollution tests were conducted under natural conditions on various items of distribution equipment such as insulators, surge arresters and fuses. The installation of measuring and test equipment at the Grande-Vallée test station was completed, bringing to more than 100 the number of pieces of equipment under investigation at the three stations set up so far. In addition, tests were made on eight types of distribution-transformer bushing under artificial-pollution conditions in order to assess their contamination performance.

Laboratory analysis of the results of natural-pollution tests on various types of distribution equipment

INTERNAL INSULATION

MANAGER
N. GIAO TRINH

The group's work with respect to gaseous insulation concerned the development of a spark gap that triggers automatically according to the magnitude of the overvoltages for the automatic switch-in of shunt reactors following a major load shedding on the power system. As soon as activities resumed in the high-voltage laboratory, a prototype was assembled and subjected to dielectric withstand tests. The results confirm that the dimensions of this spark gap are satisfactory, but adjustment of the gap spacing and a review of the triggering device are indicated



Tests were performed in the high-voltage laboratory to verify the dielectric-withstand properties of this prototype spark gap developed at the Institute.

before development can be considered complete.

In the area of oil-insulated equipment, efforts concentrated on characterizing the solid contaminants present in transformer oils and reactors in service at Hydro-Québec. Some 20 power transformers were monitored, in collaboration with personnel from Hydro-Québec's administrative regions, making it possible to identify and quantify the contaminating particles, determine some of their origins and the ways in which they have been produced, and to evaluate new methods of analysis to complement conventional measurements. The ultimate objective is to increase the reliability of this oil-insulated power apparatus.

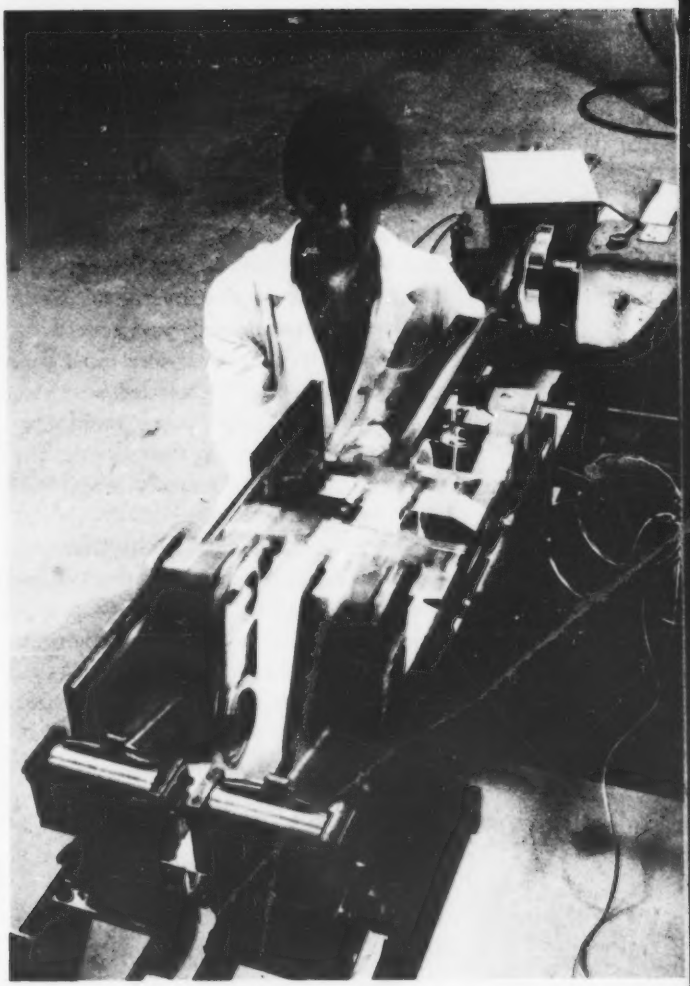
Research work for the CEA on the aging of underground distribution cables and accessories subjected to oscillating overvoltages indicated that, when new, the equipment can resist repeated application of several tens of thousands of impulses, although the accessories generally perform less well than the cables. Testing showed that the withstand properties of cables removed from Hydro-Québec's and B.C. Hydro's distribution systems are inferior to those of new ones: in the case of the Hydro-Québec cables, the neutral conductors had become embedded in the protective covering jacket. These results suggest that the insulation of widely-used distribution cables and accessories can effectively withstand surges generated by switching capacitor banks where the recorded overvoltage level does not exceed 2 p.u.

To improve safety conditions for employees working on the power system, the group has developed a device for detecting directly whether or not equipment that should have been disconnected is, in fact, unenergized, by directly measuring the voltage at the equipment with respect to the local ground. A prototype was evaluated by technical staff in Hydro-Québec's Laurentides and Richelieu regions; their comments on its operation were generally positive, and several useful suggestions were made that will help improve the final version.

LINE MECHANICS AND VIBRATION

MANAGER
CLAUDE HARDY

Of particular interest among the projects undertaken in 1985 was a study of single conductors and four-conductor bundles performed on the Magdalen Islands experimental line to determine the sensitivity of these conductors to eolian vibrations and subspan oscillations at higher-than-normal mechanical tension. Performed for the Studies and Standardization department of Hydro-Québec's Line Engineering directorate, the study covered tensions reaching 20, 25 and 30% of the conductors' ultimate tensile strength, the reference tension being 20% in all cases. The results showed that bundles have much lower eolian vibration amplitudes than single conductors. The experiment confirmed the theory that the amplitude of subspan oscillations decreases as mechanical tension in the subconductors rises.



An accelerated development program for two-conductor spacer-dampers involved collaboration with Hydro-Québec's Line Engineering directorate.

The experimental line also served as the principal tool for evaluating the efficiency of new spacer-damper models for two-conductor bundles. This project, requested by Hydro-Québec's Line Engineering directorate, is part of an accelerated development program for the double spacer-dampers now replacing preformed spacers that have seriously damaged the conductors on the 315-kV La Grande 1 - Radisson line. After determining the dynamic characteristics of several spacers by modal analysis in the laboratory, two double-articulation models were selected, tested and compared to preformed spacers installed according to the same staggering scheme. The new spacers proved measurably more efficient than the reference models.

Also in the sector of overhead lines, the scientists in this group undertook analytical and experimental studies of the effects of ice-shedding. The aim was to determine the motion of the conductors both when the ice falls off and subsequently, and to establish the dynamic stresses to which the line support hardware is subjected under these conditions.

Among the studies and tests on overhead lines performed in the line mechanics and vibration laboratories in Varennes, the following are of particular interest: continued evaluation of the mechanical characteristics of composite insulators; testing of conductor covers in preparation for writing an IEC standard; dynamic characterization of dampers for ground wires and conductors; in the field of rotating machinery, the use of spectral analysis techniques for detecting erosive cavitation in a Francis turbine model; and, lastly, in the area of the behavior of dams, study and evaluation of various instruments for monitoring the evolution of fissures in concrete retaining structures.

HIGH-VOLTAGE MEASURING AND TEST TECHNIQUES

LEADER
RYSZARD MALEWSKI

During 1985, the team carried out a project for Hydro-Québec concerned with the in-service monitoring of 735-kV power transformers. The project involved recording the waveform and amplitude of transient overvoltages, a task for which the team developed a wideband high-voltage transducer (0.16 Hz to 1 MHz) with a broad dynamic range (60 dB). The transducer is magnetically coupled to the transformer bushing tap. The output signal is measured by an automatic digital recorder under the control of a computer terminal installed next to the transformer. The records are stored and transmitted to the laboratory for processing and printing.

In order to assure the correct functioning of the monitoring system, both electromagnetic compatibility and efficiency of the shielding were verified in the frequency range corresponding to the type of interference generated in a 735-kV substation. Some 300 records were obtained, using the automatic system at Manicouagan substation, over the last 12 months. The next stage of this project will be to install a similar monitoring system at Boucherville substation, this time including an automatic chromatograph for analyzing the gases generated in transformer oils.

Work has now reached completion on a joint project with ASEA Inc. of Varennes on digital impulse recording and computer-assisted interpretation of the results of acceptance tests on power transformers and compensating reactors. A new method was developed for evaluating the behavior of a transformer under test, which consists in comparing the transfer function developed from records at full and reduced test voltage. Local breakdowns between the discs of the transformer windings are determined by displacements in the frequency of the poles whereas partial discharges are manifested by attenuation of the voltage without any change in frequency. Insensitive to variations in the waveform of the test voltage produced by the impulse generator, this method has also proven useful for chopped-wave test evaluation.

In another area of interest, the data acquisition and processing system used to study partial discharges during power-transformer acceptance tests was put into operation. The pattern of the measured discharges is analyzed in terms of their apparent-charge, polarity and phase relationship. Acceptance criteria are now being developed for large power transformers and reactors taking into account the processed results of partial-discharge measurements. In its present version, the system can measure six points simultaneously, namely the HV and LV bushings of a three-phase transformer. The data are stored on disc and, upon completion of the test, the distributions of the discharges are plotted according to their amplitude, polarity and phase in the form of three-dimensional histograms for the required test duration. These graphs enable the operator to assess the performance of the transformer under test, without the risk of error involved in the old method of visual monitoring of the six simultaneously flashing transients on the oscilloscope screens.

HIGH-VOLTAGE LABORATORY

MANAGER
DAVID TRAIN

The priority task in 1985 was to set up an emergency program to establish test areas as rapidly as possible after the fire on November 20, 1984. This was essential in order to minimize the inconvenience to customers whose production and delivery commitments would have been seriously jeopardized if they had been obliged to wait until the entire laboratory had been decontaminated before resuming normal test activities.

The first step towards accomplishing this was to put into service an outdoor test area for high-voltage transformers and shunt reactors. A 6.4-MV impulse generator, a 60-Mvar capacitor bank, an auxiliary 50-MVA transformer and a power-frequency measuring system were installed, and a mobile trailer was used as the control room. In all, 29 transformers and two shunt reactors were verified, often in extremely poor weather conditions, such as snow and freezing rain.

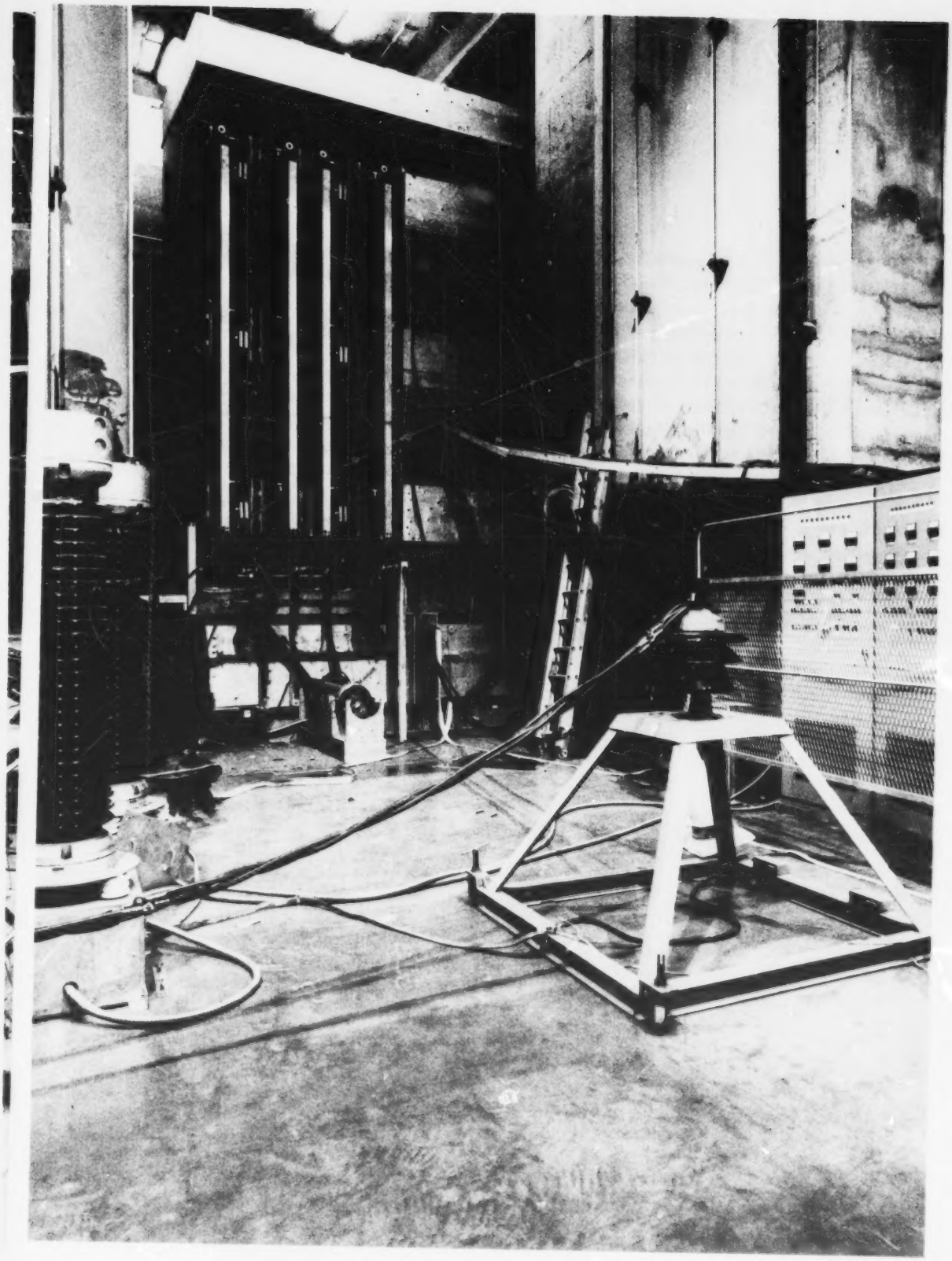
Next, the large hall went back into service. For about three months the test areas here were maintained at a slight overpressure to prevent contaminants getting in from the annex, which was still contaminated. During this period, numerous dielectric tests were performed on high-voltage current transformers, insulators, cables, power transformers, disconnecting switches, and distribution cubicles.

Finally, a third test area was set up in the annex where the fire had broken out. Artificial-pollution and transformer tests resumed as soon as the decontamination work was completed.

Once the disruptions caused by the fire were over, installation and commissioning of a 650-kV DC power source for pollution testing continued. The circuit was modified slightly to reduce the ripple amplitude of the output voltage when leakage currents appear during testing. For Hydro-Québec, salt-fog tests at 450 kV DC were performed on suspension insulators, while for ASEA of Sweden, clean-fog tests at 400 kV DC were conducted on a wall bushing and at 500 kV DC on the porcelain shell of a bushing and of a voltage divider. In addition, clean-fog tests were conducted on composite insulators at $230/\sqrt{3}$ kV AC and on bushings at $25/\sqrt{3}$ kV AC.

Two new measuring systems developed at IREQ were put into service in the transformer test section. One of these comprises a digital impulse recorder currently used with conventional analog oscilloscopes, and which will eventually replace the latter during impulse tests on transformers. The other system allows simultaneous measurement of radio-influence voltage and partial-discharge levels during induced voltage tests.

Artificial-pollution tests resumed after several months' interruption due to the fire on November 20, 1984.



DIRECTOR
GILLES A. BARIL

During the last twelve months, the Electrical Equipment department stepped up its program of technical assistance to Hydro-Québec through tests on different types of equipment conducted in response to the specific needs of the utility's operating units. Although the program covers the distribution and utilization of electrical energy, in 1985 it focused on power transmission. The highlight of the year's activities, without a doubt, was the series of operating tests on thyristor valves for Canadian General Electric, which is responsible for the DC installations at Des Cantons converter station.

The aim of the test program was to check the valves, the controls and the cooling system under normal and specified abnormal operating conditions. The test setup comprised two six-pulse bridges connected back-to-back with three-phase transformers. The tests under normal operating conditions consisted in making loss measurements to check the valves' operation at turn-on and evaluate their efficiency. These tests included a final verification that the cooling system was operating as intended in the field.

The results of the tests under specified abnormal conditions indicated that the valves' behavior is satisfactory. One test, for example, measured the overload temperature rise at 110% of the rated current and voltage values. In addition to periodic turn-on and turn-off tests, the valves were subjected to blocking tests following overcurrents that corresponded to fault currents of 11.3 kA crest, after preheating by means of a current 110% the rated value. Another aspect to be investigated was the operation of the firing circuit at an AC voltage as low as one third its rated value and, also, for discontinuous DC current.

IREQ's high-power laboratory, one of the few in the world with the facilities for this type of test, allows Hydro-Québec and its partners in the electrical industry to improve the reliability of DC installations.

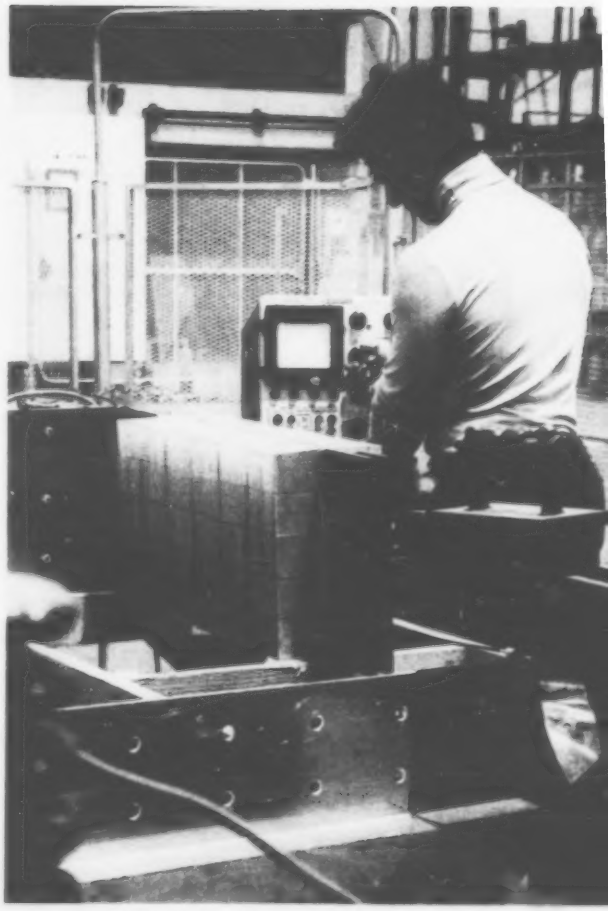
Tests on thyristor valves intended for Des Cantons DC substation. These tests are performed in a medium-voltage cell in the high-power laboratory.

ELECTRICAL ENERGY CONVERSION EQUIPMENT

MANAGER
LOUIS MASSON

In response to Hydro-Québec's interest in electrotechnologies, a research team in this group has worked on the development of heating elements for higher voltages. Industry uses huge amounts of energy for air heating, notably for drying processes. The voltage level widely used for the heating elements is 600 V for power outputs as high as 20 MW but a recent economic analysis indicates that industry would be interested in raising this voltage level. The aim of the project undertaken in collaboration with an equipment manufacturer on behalf of Hydro-Québec and the CEA is to develop heating elements that can be supplied directly from the power system at voltages as high as 25 kV.

In another area, work was completed on a study of the resistance of underground distribution equipment to arcs generated by faults on adjacent apparatus. This research project for the CEA revealed that underground equipment can be protected more efficiently if the established distance between cables is respected or if protective materials, arc-resistant tapes in particular, are used. It also allowed guidelines to be established for the application of such materials to different items of equipment, whether or not they already have some form of extra protection. In addition, a draft standard was drawn up for arcproofing tests on underground equipment.



In a project undertaken for EPRI and AISI, members of this group helped the prime contractor, Sidbec, to develop a data acquisition system and analyze the electrical parameters of arc furnaces with a view to optimization. Work has begun and will continue in 1986 on analyzing the results of the tests, which consisted in measuring the voltage variations, harmonic levels, and arc length and noise in the furnace in relation to experimental arc-stabilization techniques. The latter include optimization of the control mechanisms, use of hollow electrodes, and injection of inert gases or lime. Various flicker-measuring techniques were compared in the course of this project and tests were performed to evaluate a phase-balancing technique based on measurement and spectral analysis of the arc-generated noise in the furnace.

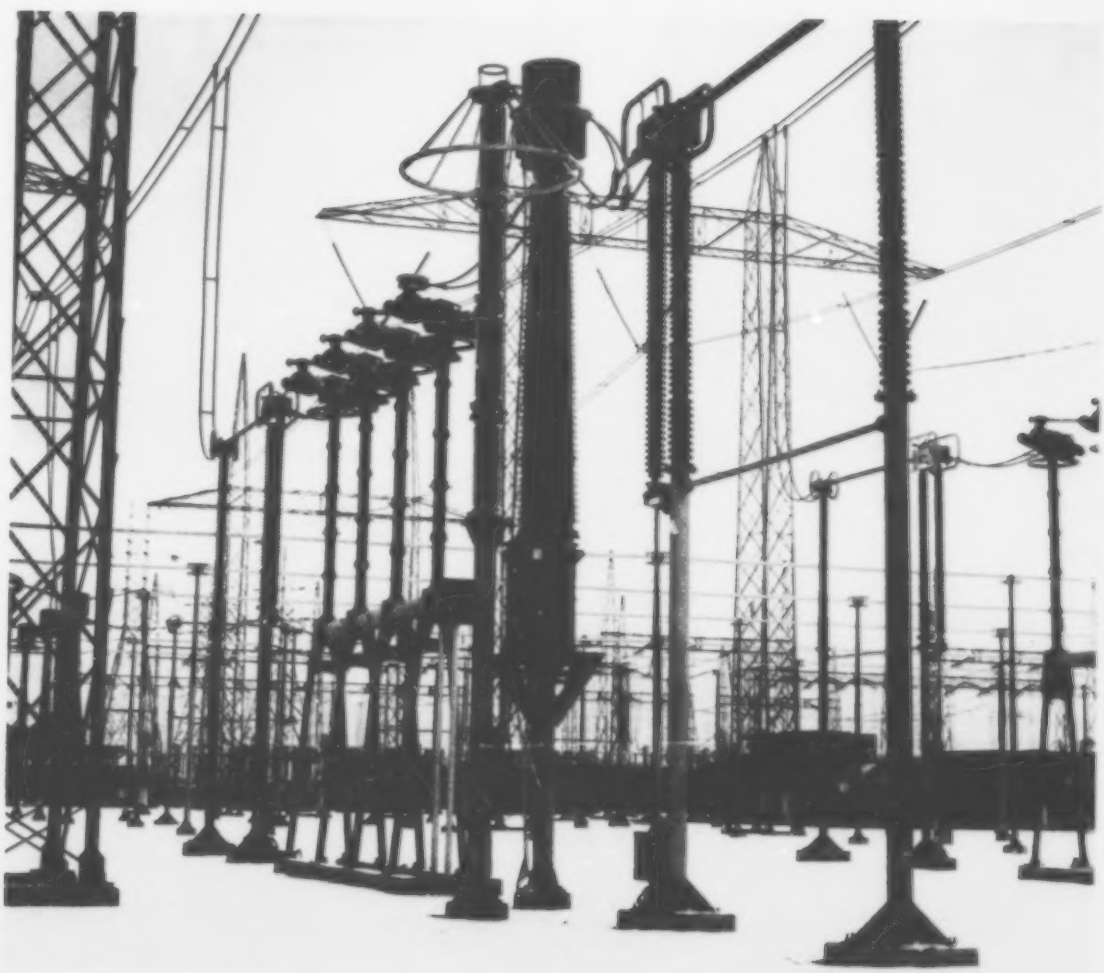
The group also devoted part of its effort this year to development of a rectangular shunt for measuring high currents with steady-state amplitudes of 5 to 10 kA and transient values of 100 kA for periods of 2 s. The first stage of development produced a shunt that would meet the requirements with respect to response time, weight of resistive material, and geometric configuration. In the next stage, which involved compensating for the shunt response, a technique was developed which not only improves the stabilization time (to ± 5% of the final value) by a factor of 40 compared with conventional shunts but also reduces the proximity effect caused by the return conductors.

A team of researchers and technicians has developed a rectangular shunt for measuring high currents.

SWITCHGEAR

MANAGER
GUY ST-JEAN

This year brought to a close an exhaustive program of qualification tests on 735-kV air-blast circuit breakers used in severe cases of separation of the Hydro-Québec transmission system. The type of circuit breaker currently in use successfully passed out-of-phase interruption tests at a peak value of 1500 kV whereas a new model passed the tests at voltages as high as 2000 kV, the value specified in the utility's latest operating standards. In view of these results, it was decided to install the new type of circuit breaker system-wide during the next two years.



A program of qualification tests on sacrificial arresters was also completed. These devices are designed to produce a safe internal short circuit to protect equipment against high overvoltages that may occur as a result of the James Bay transmission system separating from the rest of the 735-kV system. They successfully passed all the tests, thereby proving their capacity to fulfill three basic requirements: a low protection level of 960 kV (namely 1.6 p.u.), capacity to withstand 510 kV rms for 30 s without degradation, and generation of a hazard-free internal short circuit following excess-energy absorption. A preliminary version of this surge arrester was installed on the system in December 1984 as a temporary measure and will be replaced by a permanent model starting early in 1988.

In another area of research, the synthetic test circuit in the high-power laboratory was used to simulate long lightning impulses that may initiate fuse operation on the distribution system. This is in fact the first experimental reproduction of a hitherto unexplained phenomenon which results in a large number of fuses operating during thunderstorms, leading to power outages.

A risk-evaluation program was carried out for Hydro-Québec's Distribution directorate to determine the hazards to operating personnel from electric arcs generated by the manual closing of disconnecting switches on the 25-kV system. The major parameters measured were the light intensity and the noise level of the arc at the moment of switching.

Finally, in R&D relating to manufacturing contracts with Québec companies, work began on two projects concerning the development of Québec equipment destined for the world market. The first involves an SF_6 circuit breaker which can maintain its breaking capacity at temperatures as low as –50°C while the second is a novel metal-oxide surge arrester design for the distribution level, which offers an unsurpassed degree of safety.

Having passed qualification tests on IREQ's synthetic-test circuit, sacrificial surge arresters were installed on the power system where they can generate a hazard-free internal short circuit following system separation.

HIGH-POWER LABORATORY

Interim
MANAGER
JEAN LAFONTAINE,
replacing
Jean-Guy Pineault

Some 80 test programs were conducted in the high-power laboratory in 1985 on a wide variety of electrical equipment and for a number of clients.

Among these were tests on pressure-relief devices used in metal-oxide surge arresters, performed in a HV test cell for Brown Boveri, ASEA Inc., Westinghouse Canada Inc., General Electric and Hitachi. Once installed on Hydro-Québec's 735-kV transmission system, these arresters will protect the system and at the same time be safe for operating personnel. The tests consisted in triggering a flow of current through the arrester by means of an excess-energy discharge, then subjecting the arrester to 60-Hz fault currents (12.5 kA, 25 kA and 50 kA) for 0.2 s.

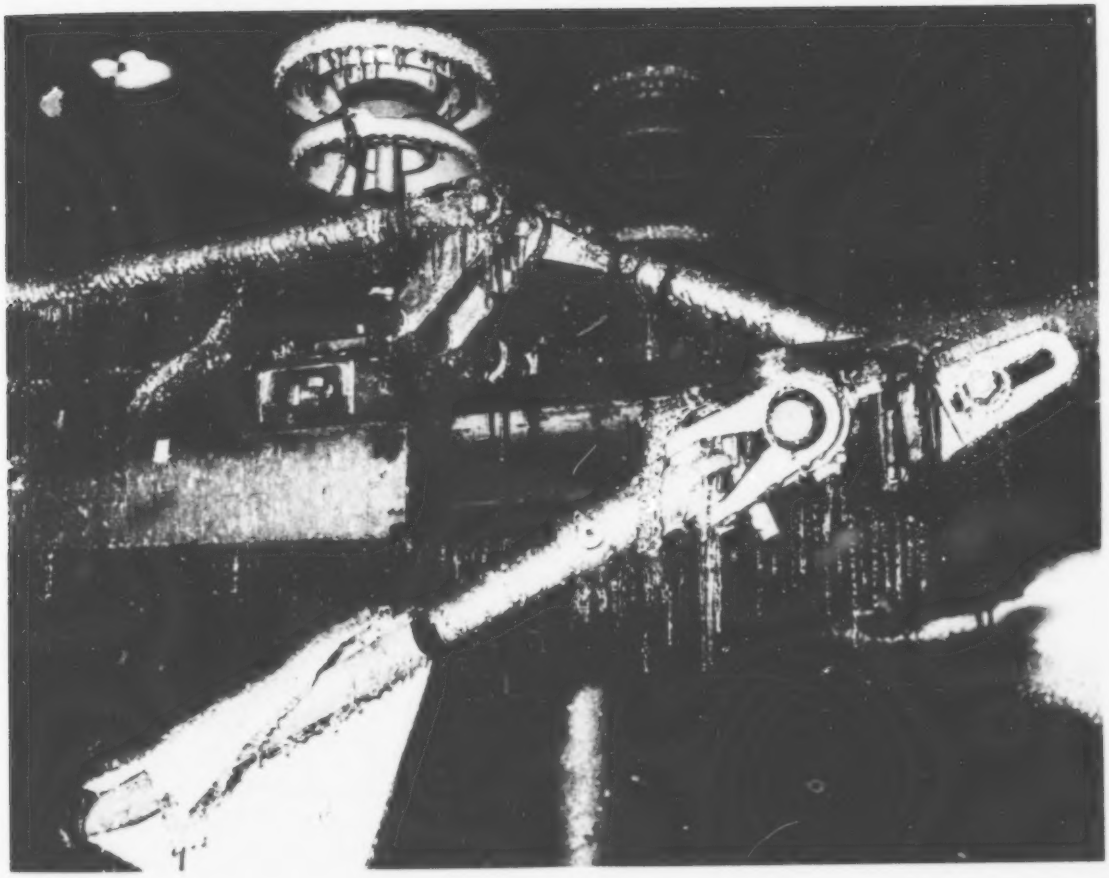
The controlled-temperature environmental chamber was used under a contract with Cegelec Industrie Inc. for opening and closing tests under ice conditions and at low temperatures (–50°C) on a three-phase disconnecting switch and its grounding blades. Hydro-Québec intends to install this type of isolator on its power grid in the near future.

At the request of three Mexican firms, Industrias Unidas S.A., AB Chance Mexico and S. y C. Selmec, a series of current-interrupting tests were performed on HV expulsion fuses in accordance with ANSI standard C37.41-1981. One of the medium-voltage test cells was used for this purpose.

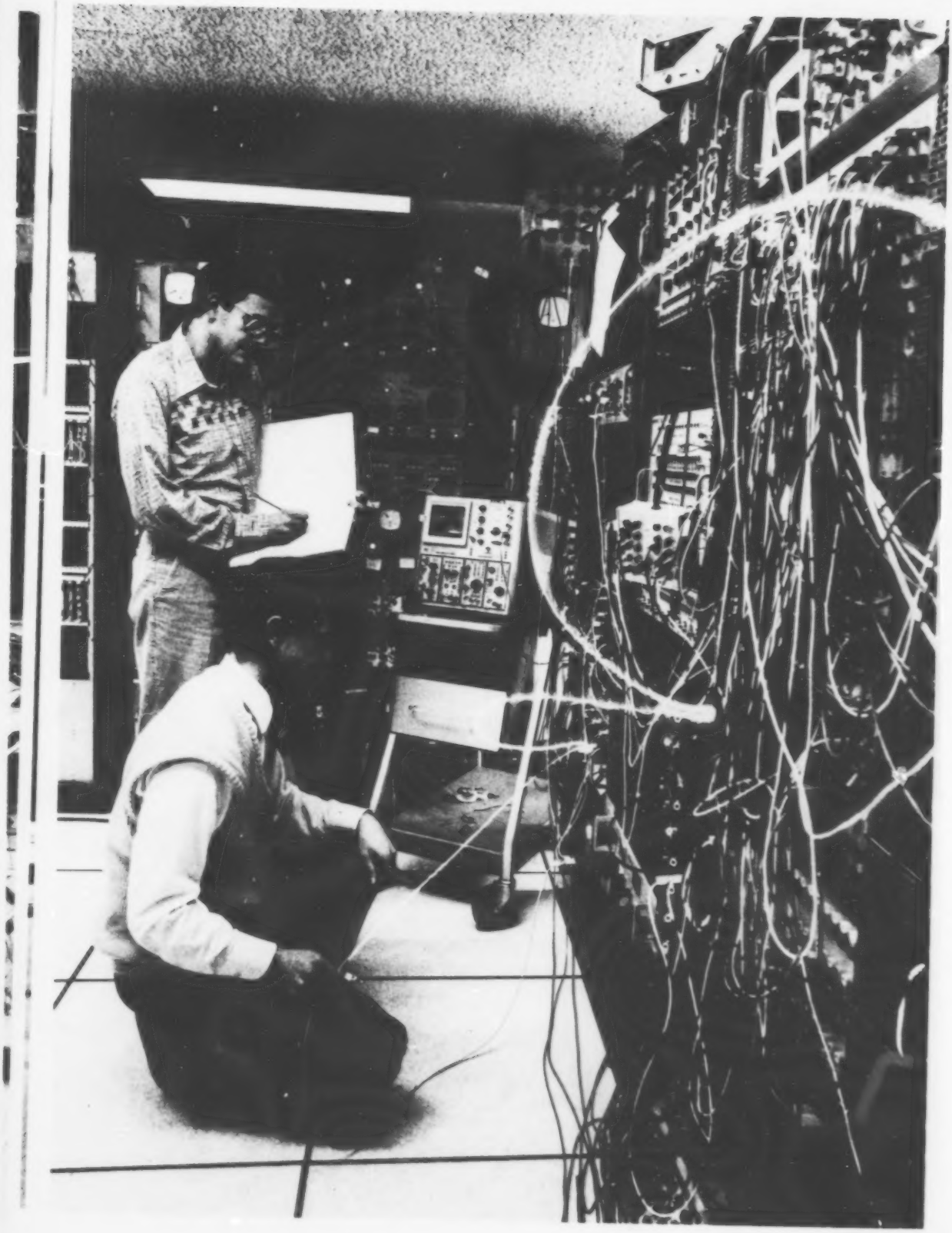
Cyclic aging tests for Hydro-Québec on 25-kV 750-MCM heat-shrinkable joints consisted in circulating a sufficiently high current in the conductor to increase its temperature to 130°C in two hours and to hold it there for the next six hours, followed by 16 hours with no current applied; this process was repeated 30 times. The conductor was maintained at a voltage of 43 kV during the testing. Three joints were exposed to the air while three were immersed in water. The temperature readings were transmitted to the recorder via a fibre-optic cable. Partial-discharge and contact-resistance measurements were taken before and after the 30-day test period to check the condition of the joints, while subsequent verifications evaluated the dielectric withstand of the sleeves.

Power arc tests at current levels of 8 kA for 0.2 s and 0.4 s were performed on underground cables and joints for the CEA. It was found that the use of arc- or fire-resistant tape or increasing the distance between the joints effectively protect against power arcs.

Short-circuit-current interruption tests at up to 50 kA were conducted on an SF_6 circuit breaker cooled to temperatures as low as –50°C using the high-power laboratory's synthetic test circuit. The tests were performed at the request of Cegelec Industrie Inc., which has formed an association with Hydro-Québec for this development project.



A three-phase disconnecting switch undergoes opening and closing tests in the environmental chamber of the high-power laboratory.



DIRECTOR
RAYMOND PRONOVOST

In 1985 the activities of this department touched many subjects, ranging from power system analysis and production planning to transmission and distribution system automation and protection.

The dominant activity was a study performed on the DC power system simulator to analyze the performance of the controls used at Madawaska substation, a 350-MW back-to-back substation connecting the power systems of Québec and New Brunswick to increase their energy exchange capacity. Commissioning began in 1985. The purpose of the study was to check the performance of the controls in the presence of harmonic-resonance phenomena, to reproduce and rapidly analyze all unexpected behavior observed during commissioning, and to validate the modifications that had to be made.

For reasons of reliability, two identical controls were purchased for Madawaska, which meant that one was available for the study. However, as a real control system was being used, an annex to the DC simulator had to be built, together with all the necessary interfaces. The AC portion of the two power systems was modeled in the simulator room itself, while the DC portion was modeled in the annex. In view of the distance between the two sections of the link and the need to acquire and process data during the simulation, two differential transmitter-receiver systems had to be designed and built.

The study enabled rapid examination and correction of several anomalies in the design and settings of the Madawaska controls. Studies of this type will become more and more essential as DC interconnection equipment becomes more complex.

A simulator study was performed to analyze the performance of the controls used at Madawaska interconnection substation.

POWER SYSTEM ANALYSIS AND PRODUCTION PLANNING

MANAGER
YVAN ROBICHAUD

During the past year, this group has been active in developing new systems, software and algorithms and in marketing existing products.

In the area of data acquisition, a system of monitoring 735-kV circuit breakers in service was developed at the request of Hydro-Québec's Generation, Transmission and Distribution branch. This system is used to record circuit-breaker trips, build up a data bank, and optimize the maintenance schedules. The equipment consists of a central data management system and a series of satellites that gather data in the substations. Development of the software for these two processing levels is now complete. Laboratory commissioning of a prototype satellite system was completed in 1985 to be ready for field installation at Boucherville substation early in 1986.

The PRIME 750 minicomputer employed for digital power-system simulation has now been replaced by a more powerful model from the same manufacturer, PRIME 9955. The new simulator will allow better service to be offered to in-house users and consulting firms in the Montreal area. For efficiency reasons, the development of power-system analysis programs was transferred at the beginning of the year from the PRIME system to a network of APOLLO computers now used as work stations at IREQ.

A DC option for multiterminal electric grids has been developed for the stability program. In addition, models of DC links have been created, in collaboration with Hydro-Québec's Power System Planning branch and Operational Planning directorate, for Madawaska and Des Cantons substations. As part of a project for the CEA, a program for calculating fault-current intensity probabilities was developed. This tool will serve to evaluate the effects of fault currents on communications equipment.

With the help of Hydro-Québec International, the group has sold power-system analysis programs to the Public Utilities Board of Singapore. It also rented these programs to New Brunswick Power Corporation and Monenco.

Operational research continued on the MODEX program for Hydro-Québec's Equipment Planning branch, which allows study of the performance of a predominantly hydroelectric generating system under various demand and reservoir inflow conditions. Another program (NEXIONA), undertaken for the same administrative unit, has been designed to calculate the reliability of a generating system interconnected to two others by imperfect links of limited capacity. Lastly, a new model, ATHENA, was developed for identifying the least expensive way of harnessing a river while satisfying a given power and energy demand. Initiated in 1985 for Hydro-Québec's Power Station Engineering directorate, this program will continue during the coming year to further refine the new model.

Development of a monitoring system for 735-kV circuit breakers

SYSTEM STUDIES AND SIMULATION

MANAGER
S.Y. MARC HUNG

Major effort was devoted this year to enhancing the flexibility of the AC and DC power system simulators and increasing their ability to perform several studies at once.

The various elements of the DC power-system simulator were regrouped in a more logical way so as to render them more functional and facilitate assembly. Meanwhile work continued on a number of projects for automating the AC and DC system simulators, involving the computers that control the switching operations, the circuit-breaker models that execute them, and voltage- and current-measuring systems. These components are integrated by digital and analog busses into a network of graphic stations and data acquisition and processing computers.

In the area of AC systems, work was performed for Monenco on overvoltages and insulation coordination related to the development of a 500-kV power system in Egypt. Other studies dealt with the closing of a 230-kV line with a transformer at one end, belonging to Saskatchewan Power Corporation's system. A project with BG Checo led to development of a system that uses a capacitor voltage divider to regulate the supply voltage of remote loads. Other aspects investigated were the impact of the presence of several capacitor voltage dividers on a power system and the feasibility of a 100-kVA pilot installation on a 120-kV network in Peru. Lastly, a study for Hydro-Québec's Planning group on the switching of shunt capacitors made it possible to determine transient-recovery voltages at circuit-breaker terminals and the stresses imposed on surge arresters.

As for DC systems, in addition to the study on the control system at the Madawaska interconnection substation, work began on putting together software packages for EPRI that will represent converter controls in digital stability and load flow programs.

In closing, mention should be made of the software developed for calculating equivalents of multiterminal systems, and the development and demonstration of a new concept of asynchronous interconnections between power systems. This concept is now protected by a Canadian patent.

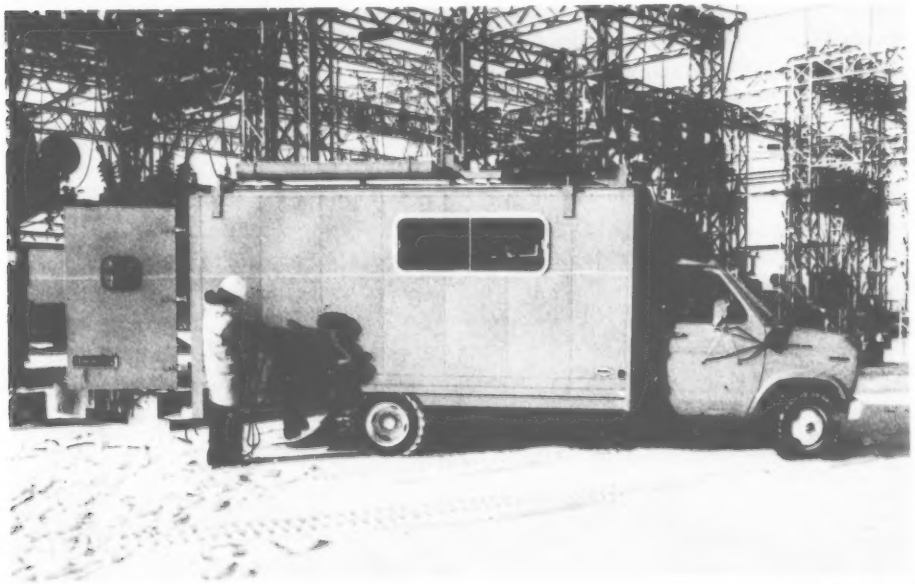
Major research effort was devoted to the automation of IREQ's AC and DC power system simulators during the year.

AUTOMATIC CONTROL, MEASUREMENT AND COMMUNICATIONS

MANAGER
RENÉ BLAIS

Important strides were made in 1985 with respect to preventive diagnostics for generating units. One of these was the finishing of development work on a new principle for dynamic measurement of air gaps. In a first phase, pilot measuring systems were installed on generators at the Beauharnois and Rapides des Îles power plants. At the same time, negotiations were under way with a European company interested in IREQ's research on the use of capacitive transducers in air-gap measurement. R&D must now continue in order to broaden the scope of this new approach to dynamic measuring.

With respect to improving the reliability and continuity of service, IREQ, together with Hydro-Québec's Equipment directorate and administrative regions, has acquired expertise and drafted technical specifications for the purchase of 12 mobile units designed for automated testing in substations. These mobile units will significantly reduce the time needed by switchgear operators to test or establish diagnostics for substation equipment. Furthermore, automation of the tests will improve the measuring and results processing and facilitate the eventual introduction of expert systems.



Close collaboration with Hydro-Québec's Apparatus directorate and administrative regions led to the development of a mobile unit for automated testing in substations.

1985 also saw the final touches to a data acquisition system developed on behalf of the Wind Turbines group for studying the rotor of IREQ's 50-kW Darrieus wind turbine. A fibre-optic cable and an optical slip ring at the end of the rotor axis serve to transmit data between the turbine, a set of seven microprocessors, and a processing unit. The system resists acceleration forces, vibrations, and temperature variations. It also provides a high level of measuring quality.

On another front, the development of an ice detector continued. Intensive monitoring of the prototype on Mont Bélair north of Québec City has shown that it operates accurately and reliably. Manufacturing has begun on ten complete ice measuring systems, including the vibration probe and the control mechanism, ready for installation at strategic points on the Hydro-Québec power system. Construction of more units for the utility will soon follow, and marketing is anticipated.

Finally, the feeder telecommand system in Saint-Jérôme officially came into operation in January 1985. The technical results are positive, and customer-service downtime has been substantially reduced. Work has been completed on development of the hardware for a high-performance, less expensive version of the system, based on CMOS technology.

DATA ACQUISITION AND PROCESSING SYSTEMS

MANAGER
BENOÎT PODESTO

During 1985 the Data Acquisition and Processing Systems group put together a new computer architecture intended to serve IREQ's needs more effectively. UNIX operating software was chosen as the main feature of this configuration as it can be used with most of the Institute's computer families and has the advantage that applications can easily be transferred between the various ranges of computers. In view of this new orientation, the data acquisition and display software has been adapted so that it can be used for most mini- or microcomputer-controlled applications. This new computer architecture is scheduled to go into operation in spring 1986.

An ETHERNET high-speed data transmission system (IEEE Standard 802.3) has been installed at IREQ in collaboration with Hydro-Québec's Data Communications department. This system allows the computers in the scientific information network to be linked together and makes it easier to share resources such as mass storage devices and laser printers. A section of it is connected to the high-power laboratory by optical fibre, which is unaffected by the electrical interference in and around this laboratory. Once the new computer architecture has been set up, the network will include 10 minicomputers, 30 microcomputers and about 100 terminals. It is expected that the facilities in the high-voltage laboratory will be integrated into the network in summer 1986.

Work on the development of an integrated graphic processing and editing system led the group to opt for an intelligent configuration distributed in work stations with high-resolution screens. UNIX-type operating software was chosen so it would be compatible with the central computer; for basic graphic software, GKS (Graphic Kernel System) meets objectives respecting transfer and standardization and will give most users a complete, multi-purpose graphic environment. VISA display and signal-analysis software has been installed on IBM PC microcomputers.

UNIX also served as a basis for developing integrated data management, acquisition and processing software, the main functions of which are to prepare test parameters, acquire data from 32 (maximum 64) channels at a combined rate of one megasample per second, and process data on site. This software, which runs in multi-user mode, offers full-page operation of an interactive parameter acquisition, validation and updating interface, and uses an interpretive language that allows mathematical and statistical processing of signals acquired during laboratory tests.

DIRECTOR
ANTOINE THÉORÊT

The first meetings between IREQ and Cascades Inc. representatives to explore the possibilities of increasing the company's egg-carton production capacity date back to October 1984. The plan was to add a third drying oven and to electrify the entire process, which would make the oven twice as compact as conventional models and 10 to 30% more efficient.

The oven IREQ proposed is an infrared device that, with its thermal insulation and controlled air-recirculation system, offers high energy efficiency. It represents an innovative technique combining infrared technology with hot-air forced convection. After characterizing the material to be dried and the process, the research team went on to determine the most appropriate technologies for Cascades Inc. Various laboratory tests were conducted to assess the possibility of applying these technologies to the process, and to define their operating characteristics.

In its final design, the oven built by Pyradia has an installed capacity of 1.2 MW. The convection losses from the infrared sources heat the air used in the final stage of the drying process. The overall efficiency of the oven is therefore greater than the radiation efficiency from the infrared sources, which were developed in close collaboration with Pyradia.

The oven was installed in the Cascades Inc. plant in December 1985 and should be fully operational by the end of March 1986. Follow-up is planned for the first year of operation to optimize the oven's operating characteristics.

Incorporating electricity into a conventional drying process in this way is a first in Québec but, in view of the great potential for industrial applications of electricity in innovation or renovation, there is every reason to believe that similar projects will soon follow.

Pyradia has built a 1.2-MW oven for Cascades Inc. that offers high energy efficiency. The design is based on a novel technique, combining infrared technology with hot-air forced convection, that was developed at IREQ.

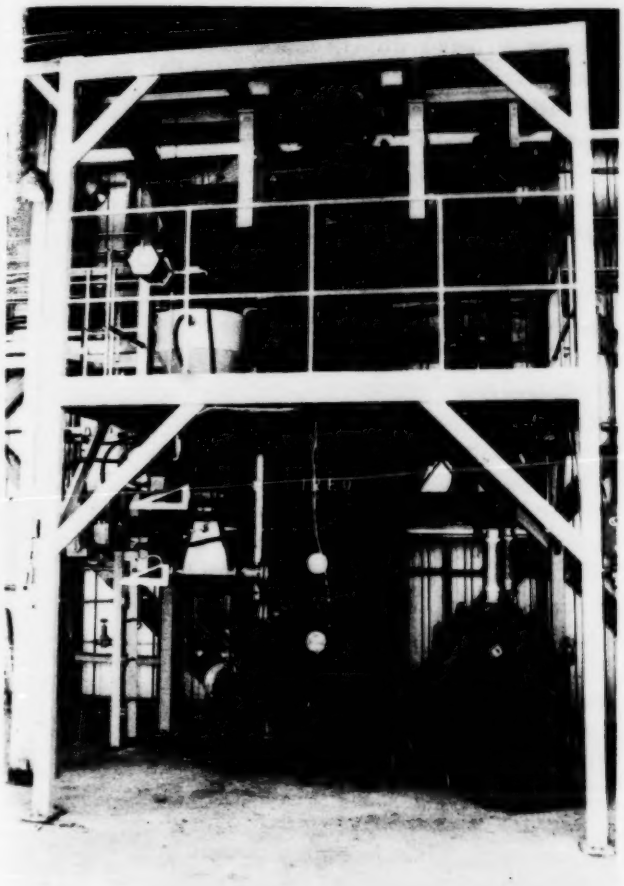
INDUSTRIAL APPLICATIONS AND ENERGY CONVERSION

Interim
MANAGER
YVES LANGHAME

The year 1985 marked the beginning of a growing interest in the field of industrial electrotechnologies, leading IREQ to work in close collaboration with Hydro-Québec's Internal Markets group and outside clients. Laboratories, equipment, computation facilities and human resources were used intensively to provide technical support in many industrial-process electrification projects. The first steps in this direction were in Québec's most energy-intensive process: drying. A number of applications materialized in 1985 while others are planned for the coming months. The main technologies involved are infrared, high frequency and induction. IREQ's contribution was to characterize the products and processes likely to benefit from these technologies and to carry out programs of laboratory measurements.

With regard to research on heat pumps, measurements have continued for the evaluation of the latest domestic heat pumps on the existing test bench. A comparative study of a heat pump running on a non-azeotropic mixture (13B1/502a) and of the same machine with a conventional refrigerant revealed that, at low temperatures, the former performs better. Another study involved the surface behavior of high-oil-flux exchangers and aimed to determine their local heat transfer coefficient under nucleate-boiling conditions. Finally, the frosting process of air evaporators was investigated in detail with particular emphasis on visualizing the frost formation mechanism and quantitatively assessing its impact on the heat pump performance.

Under a contract with the CEA, work was completed on the implementation of a real-size experimental device designed for measuring the temperature rise of distribution cables in a concrete duct bank when the circuit is subjected to cyclic daily loading. The measurements were completed during the course of the year and analysis of the results has allowed the researchers to determine several factors essential for the design and operation of this type of circuit, such as the thermal conductivity of the aggregate used as fill in the duct bank. The experimental measurements also provided an opportunity to validate the digital computer program used to calculate the thermal fields around the duct bank. The program developed by the IREQ research team, in collaboration with Hydro-Québec's Richelieu region, has now been successfully implemented on the utility's computer system and will provide engineers with design and operating data.



A pilot fluidized-bed reactor has been built and put into operation with Biosyn. Some 30 cm in diameter and 4 m high, the gasifier operates on a continuous supply of wood chips at a rate of up to 100 kg/h. All the pyrolysis and combustion reactions take place in a fluidized bed of sand held in suspension by an updraft flow of air or pure oxygen. The gas formed is composed mainly of hydrogen, carbon monoxide, carbon dioxide, and methane, which could make it particularly useful for the production of methanol. At the present time, however, the gas is simply evacuated and flared.

The pilot fluidized-bed gasifier built and operated in collaboration with Biosyn

WIND TURBINES

MANAGER
ALBERT WATTS

The development of large Darrieus wind turbines continued to be the focus of the analytical and experimental research into wind power conducted under the Éole project. Nevertheless, part of the year's effort, such as the study on the installation of a wind farm in the Magdalen Islands, was devoted to the integration of smaller aerogenerators into isolated power systems supplied from diesel units. Meanwhile, the group's expertise in wind turbines was put to good use in studies on rotating machines and generating units in hydroelectric plants with a view to extending its competence to other areas of research.

The Éole project, which consists in designing and constructing a 4-MW Darrieus wind turbine with a rotor 64 m in diameter and 96 m high, was 12 months behind schedule at the end of 1985. Owing to the manufacturer's difficulties in welding the different sections of the blade, the rotor is now expected to be erected in October 1986. The construction of the other components is finished and some are already installed at Cap-Chat, ready to receive the rotor. This project is financed equally by Hydro-Québec and the National Research Council Canada.

The experimental wind turbine at IREQ's main research facility was used for several studies during the year. In a project for the CEA, tests were performed on the DC regulator that will form part of the variable-speed control system, on the dynamic behavior of a six-guy-wire configuration, and on the identification of the rotor vibration modes when the machine is parked. Finally, a fibre-optics-based data acquisition and transmission system, developed by the Automatic Control, Measurement and Communications group, has been installed to assist in modal analysis of the rotor in operation.

As far as analytical studies are concerned, work continued on the development of various mathematical models, which were validated using the results from the experimental wind turbine. The main applications for these activities are prediction of the aerodynamic forces and performances of Darrieus rotors, modeling and study of their dynamic structural behavior, modal analysis, and modeling and study of the power-train dynamics and control system of wind turbines.

The group's expertise in the area of dynamics as related to rotating machines also served to calculate the critical speeds of high-yield thermomechanical pulp refiners for Hymac Ltd. In addition, several studies were initiated for Hydro-Québec: static and dynamic analyses of hydraulic-turbine runners, modeling and digital simulation of a hydroelectric installation, and monitoring of turbine-generator units.

FUSION

MANAGER
RICHARD BOLTON

The group's activities, as in the past, revolved mainly around the Varennes tokamak, a joint project of Hydro-Québec and the NRCC undertaken with INRS-Énergie, the University of Montreal, Canatom Inc., and MPB Technologies Inc. The major achievements of 1985 related to the construction of the tokamak components and the infrastructure.

Out of the total budget of approximately $23 M for the installations, almost $7 M were spent in 1985. Some of the most important components delivered were the set of electric power supplies including the power transformers, the plasma current forced-commutation system, the interconnection panels for the poloidal field coils, and the 25-kV equipment to be installed in the tokamak hall.

With respect to the components of the tokamak machine itself, the central support column and the fibreglass rings are already on the site while assembly of the bronze rings and lower supports is well under way. Four of the toroidal field (TF) coils were polymerized towards the end of the year, about the same time the first poloidal field (PF) coil was delivered. In addition, work has begun on the installation of the horizontal ports, which are a critical element in the construction of the vacuum chamber.

The coil cooling systems, now finished up to the perimeter of the tokamak, include the cooling tower, pumps, heat exchangers, and all the valves, connections and piping. Considerable progress was made in the electrical work. The cable trays, 25-kV cables and harmonic filters are all installed now, the larger items of equipment are in position, and work has begun on installing the interconnections. The hall ventilation system and the cantilever crane have also been installed.

The control system is already in place in the recently completed control room: the various subsystems will gradually be put into operation from this master station, starting with the vacuum and cooling systems.

As far as the theoretical studies are concerned, collaboration with colleagues at Culham Laboratory in England and Massachusetts Institute of Technology continued, the main areas of interest being the study of radiofrequency wave propagation in hot plasmas and the application of such waves for inducing electric currents in toroidal plasmas.

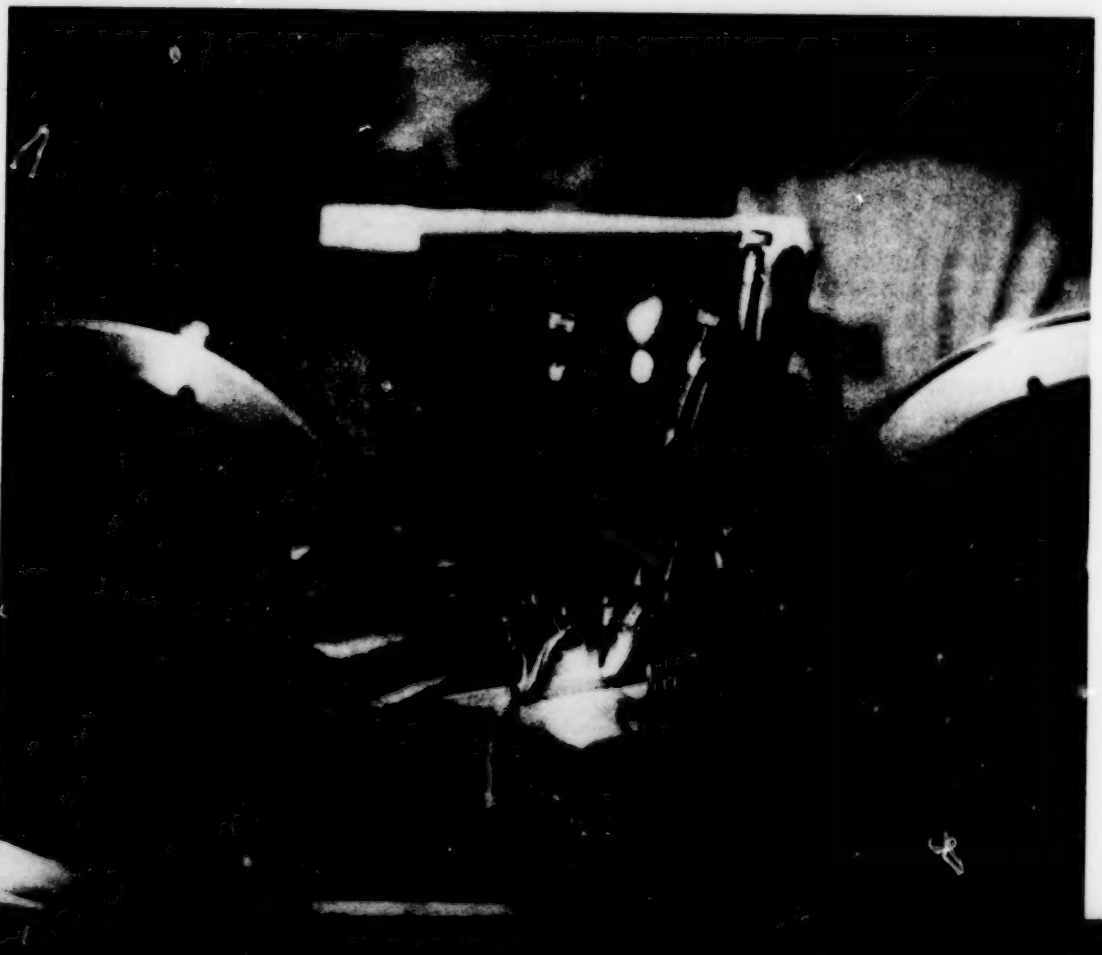
According to the present schedule, production of the first plasma, which will mark the beginning of the operational phase, is planned for the end of summer 1986. It should be mentioned, in concluding, that as a result of a decision by the Canadian government, the responsibility for operating the research centre that will incorporate the tokamak will be transferred from NRCC to Atomic Energy of Canada Limited.

HYDROGEN AND ELECTROCHEMISTRY

MANAGER
GUY BÉLANGER

As stipulated in an agreement made at the end of 1984 between Hydro-Québec and the French company Elf-Aquitaine respecting the polymer-electrolyte battery project, the year's research effort had a dual thrust: the definition of marketing targets and the development of laboratory prototypes. Tests were performed to demonstrate the technical feasibility of stacking about a hundred 160-cm² cells to form batteries with capacities ranging from ~ 90 W/h at 100°C to ~ 1 W/h at 25°C. In view of current market trends and the state of this technology, efforts will now focus on high-temperature applications (100°C).

In May, Hydro-Québec announced the construction of a $12.9-M electrochemical technology laboratory in Shawinigan, as part of its diversification program. Scheduled for inauguration in September 1986, the laboratory will be a development centre serving industry and dealing largely in pilot or industrial-scale demonstrations of technologies or processes that integrate electrical-energy applications into industrial chemistry. It will have 48 employees, mainly research engineers and technicians, hired specifically to develop products, techniques or devices emerging from research laboratories at IREQ or elsewhere. The estimated annual operating budget for the first few years is $4 M;



under an agreement between the Canadian and Québec governments on scientific and technological development, both will contribute to funding this sum.

In another area, two commercial prototypes of a microohmmeter developed by members of this group have been delivered for testing. This is a simple automatic instrument for measuring the contact resistance between two surfaces or points joined together either by welding or by compression; its accuracy is of the order of $\pm$ 0.02 $\mu\Omega$. These prototypes were successfully used to evaluate the connections of jumpers on AC generators during a series of tests at Hydro-Québec's Bersimis 1 generating station. The instrument also served in nondestructive tests on copper-rod welds for the Varennes tokamak.

Work also started on a new series of tests on the Hydran 201 probe developed at IREQ, which is designed to measure the amount of hydrogen dissolved in transformer oil. It has been fitted on 13 current transformers in Hydro-Québec's Saguenay substation ready for the tests, which will consist in the automatic collection of data and its transmission via a telephone link to IREQ. The data acquisition and processing system was developed by the instrumentation management division. The aim of the tests is to monitor the dissolved-hydrogen content in these transformers on a continuous basis in order to detect operating problems that occur when such equipment is subjected to voltages of 735 kV.

A specialist puts the finishing touches to the assembly of an experimental prototype of the new polymer-electrolyte battery in a controlled atmosphere

ELECTRICAL INSULATION

MANAGER
HUGUES ST-ONGE

The last 12 months saw the pursuit of several projects for EPRI on the development of analytical techniques for extruded-cable-aging diagnostics. Several novel approaches to the physicochemical characterization of aging in polymer insulating material were proposed. Treeing problems caused by water and contaminants were the subject of exhaustive investigations which, it is believed, should contribute to the development of more efficient, more reliable extruded cables. In the same context, a diagnostic study of the underground distribution system is currently being negotiated with Hydro-Québec's Distribution directorate in an aim to characterize service-aged cables and produce concrete solutions to this problem.

Work began on the characterization of polychlorinated biphenyls (PCBs) in insulating oils and on the quality of oils decontaminated by different processes. Expertise developed over the years proved invaluable in Hydro-Québec's PCB decontamination and elimination program. Meanwhile a research program for the CEA continued in the form of a study of the oxidation resistance of regenerated transformer oils and the development of a new small-scale aging test to be used for oil-impregnated insulation systems. At the same time, a search is under way for preventive-maintenance criteria for EHV fluid-oil cables based more on the amount of gas dissolved in the cable oil than on partial-discharge measurements.

Studies continued on techniques for determining the aging and deterioration of the windings of stators in rotating machinery. A more recent undertaking consists of fundamental research for the CEA on the interpretation and nature of the spectra of partial discharges in epoxy insulation systems. These activities form part of a program aimed at developing a new continuous partial-discharge measuring system for AC generators.

Development of analytical techniques for diagnostic tests on extruded-cable aging

In an ongoing study of the long-term behavior of composite insulators for HV transmission lines, one main focus of the group's attention in 1985 was the long-term electrical and mechanical properties of a new commercially available insulator. In addition, different aging-evaluation methods for the sheds of composite insulators were compared. A study for the CEA on the effect of superposing different types of mechanical stress on an insulator revealed that, in certain combinations, such stresses can substantially curtail its useful life. The last eight years' effort on composite insulators and future research avenues in this area were summarized in a report which was submitted during the year.

METALLURGY AND NUCLEAR TECHNOLOGY

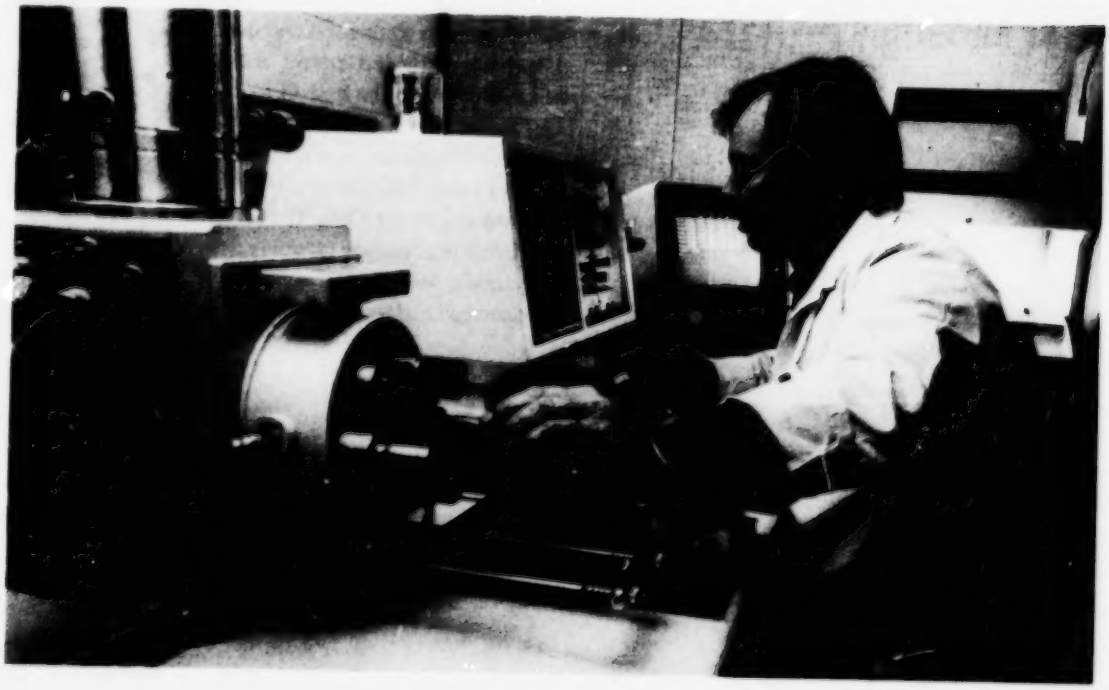
MANAGER
RAYMOND ROBERGE

Over the last few years, Hydro-Québec has had to replace several shafts on turbine-generator units as a result of fractures and, at the request of the Mechanical Apparatus department, IREQ undertook a research project to assess the possibility of repairing these shafts by welding. The challenge was to find a process that would not form fragile areas in the zone thermally affected by the weld. In addition, a new technique based on the magnetostrictive effect was evaluated for measuring residual stress. The results of mechanical and nondestructive tests showed that fractures up to 3 cm deep could be repaired. As soon as measurements had confirmed that damaged shafts still show good fatigue resistance outside the fractured zones, a first shaft was repaired at Beauharnois generating station.

A new stainless steel (IRECA) with a low cobalt content and high resistance to erosive cavitation, which has been under development at IREQ for the last two years, has found its first application: a new coated electrode for manual welding. In collaboration with a Québec company, this research group has prepared several experimental batches of the new electrodes and performed laboratory evaluations. After certain adjustments to the nature and chemical composition of the coating, the first industrial batch was produced and used to repair cavitation damage to a Francis turbine. A manufacturing license should soon be awarded, which means that the new electrode could be on the market as early as 1986. Other applications are already envisaged.

With regard to robotics, research is currently focused on the mechanical and control aspects of lightweight, compact, transportable robots, adaptive process control, and expert systems, which form the basis of most of Hydro-Québec's robotics applications. A compact robotized system is now under development in a joint IREQ-Ontario Hydro project cosponsored by the CEA. The aim here is to produce a prototype capable of profiling, gouging, welding and milling cavitation-damaged surfaces by summer 1987.

Among the many applications of amorphous materials of interest to Hydro-Québec, those related to distribution transformers have a particular appeal. An experimental model of a dry-type (100-kVA) transformer with a wound magnetic circuit has been built for validating the overall design and the manufacturing technique. A 250-kVA model has also been built and will be evaluated in 1986. Concurrently with these activities, the research group has devoted a substantial effort to the preparation of the materials, design and assembly of a manufacturing process, and establishment of a characterization laboratory for the purpose of determining the overall chemical composition, microstructure, morphology and surface composition of materials.



A newly acquired scanning electron microscope with a system for energy-dispersive analysis of x-rays

INDUSTRIAL APPLICATIONS OF PLASMAS

LEADER
MICHEL G. DROUET

The past year witnessed a considerable expansion of the team's activities both inside and outside IREQ. At the Institute itself, a second PLASMACAN reactor and a controlled-erosion torch were installed, while an identical reactor was put into service at the University of Sherbrooke. In addition, a plasma torch went into operation at the Mineral Research Centre in Québec City.

IREQ's second reactor is a 100-kW device equipped with an insulating sleeve which, with an internal surface temperature of over 1500°C, provides the necessary conditions for fusion and the formation of the falling film. It was used during the year for treatment tests on baghouse dust containing iron, zinc and lead oxides, among other substances. In the PLASMACAN reactor, fusion is achieved without agglomeration or pretreatment of the dust.

The other PLASMACAN reactor, a 50-kW device, has been used to produce silica fume (amorphous silica) by injecting the silica into the sleeve to form a falling film and collecting the resulting products in the filter. Under a hydrogen atmosphere the silica fume is brown, whereas if water or oxygen vapor is injected, a very fine white powder (< 325 mesh) is obtained with properties comparable to those of commercial amorphous silica.

The 250-kW reactor installed at the University of Sherbrooke under a contract between Hydro-Québec and CODATEL went into operation in October 1985 and, once optimized, will serve to develop industrial processes. IREQ is coordinating the use of this test facility with Québec industry.

Meanwhile setting up of the 100-kW plasma torch and its arc control system was completed and preliminary tests began in an aim to demonstrate that torch arc optimization can prolong the service life of the electrodes.

Under an agreement between IREQ, the St. Lawrence Cement Company and the Mineral Research Centre, the latter started work on treatment tests for baghouse dust from cement plants. The 150-kW plasma torch lent by IREQ for this purpose will be mounted on a rotating furnace. Testing began in September and should continue through 1986.

LE MONDE

IREQ's contribution to the marketing and diversification policies recently established by Hydro-Québec was especially significant in 1985. It produced a manifold increase in marketing activities, initiatives such as the seminars on technology and innovations management and, in particular, the presentation of business plans for two new companies whose mandate is to market technologies developed at the Institute.

The purpose of one of these enterprises will be to develop and market a range of capacitive sensors for measuring the air gap in AC generators, where the magnetic field can reach significant levels. Now patented in several countries, this discovery has aroused the interest of an international company which has expressed a desire to work with Hydro-Québec on a project for manufacturing these sensors and selling them on the world market. The new company should be created in 1986.

The mandate of the second company, Cyme International Inc., is to adapt and sell power system analysis packages developed by IREQ over the last few years. Its shareholders will be Hydro-Québec and a company from the private sector, thus ensuring it a sound financial and technical footing from the start. These two businesses are experiments for Hydro-Québec, which already has other similar projects on the drawing board. In fact the utility encourages such pilot projects because they provide a way for enterprising employees to contribute personally and wholeheartedly to its diversification program.

To turn to more conventional activities such as manufacturing licenses, 1985 witnessed the signing of several important contracts. The Indian company EMC Steelal, for example, obtained an exclusive license to manufacture and market the Hydro-Québec spacer-damper in India and a non-exclusive license to market it in the Middle East, Africa and Southeast Asia. Haefely, of Switzerland, signed a license agreement for the development and marketing of a new impulse test method for power transformers, a method which was developed by IREQ with the help of ASEA. Meanwhile TECNAR, a Montreal firm, was granted an exclusive license to develop and market an acoustic measuring device for determining the length of electric arcs in welding. This technique, which has been patented in a number of countries, is especially useful for thin-wall welding.

Researchers and marketing specialists get together to evaluate the interest of new technological concepts for the client.

In addition, IREQ's license holders have participated in industrial fairs and exhibitions where they have shown their products and found clients or distributors. IREQ further encouraged its license holders by participating in the Transmission & Distribution Exhibition in Chicago, at which it featured the products of three business partners. The latter found the experience rewarding and well worth repeating. It might be mentioned, too, that one of these partners recently signed a $2.2-million distribution contract with an American company. There are excellent reasons to believe that other manufacturers will join IREQ at the 1986 exhibition sponsored by IEEE which will take place in Anaheim, California.

If technologies are to be marketed swiftly and successfully, it is essential, from the very outset of the innovation process, that technical and economic studies of the idea or concept be performed to assess its interest for the client. Three projects at IREQ were the focus of such studies in 1985: IVACE, a gapped self-regulating variable reactor; the asynchronous interconnection; and a stainless-steel transformer. The studies provided an opportunity for the various groups to pool their ideas and make best use of their individual contributions.

In another area, IREQ continued to make its expertise available through research and training contracts on the international market. A prestigious example is a technical-assistance contract with the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). This project, which covers the design, construction and commissioning of a pilot synthetic test circuit in Mexico and the related personnel training, culminates years of effort and collaboration. In Canada, the CEA awarded IREQ several new contracts in 1985, the most significant of which concerns the development of high-voltage resistance heating elements for high-temperature industrial drying applications.

Finally, anxious to hone its managerial skills in the field of innovation and technology, IREQ organized a series of seminars with a firm of consultants, SECOR Inc. One hundred or so employees attended each of the ten seminars, given by representatives from the American and Canadian business worlds who were all eager to speak about their respective successes. These seminars fostered a great deal of interest among IREQ personnel and members of Hydro-Québec's other administrative units and should lead to enhanced economic viability of the R&D activities undertaken at the Institute.

INRS

COLLABORATION WITH UNIVERSITIES

This was again a very active year for IREQ personnel with respect to courses and projects carried out with universities.

Academic activities

A number of research scientists gave postgraduate courses and supervised master's and doctoral theses at universities both within and outside Québec such as:

- University of Québec (INRS-Énergie)
- McGill University
- École Polytechnique de Montréal
- École des Hautes Études Commerciales
- Laval University
- University of Sherbrooke
- University of Western Ontario
- University of Waterloo

The areas of concentration ranged from industrial plasmas and other electrotechnologies, through materials characterization, energy conversion, welding, electrical and mechanical engineering, and power system analysis.

Joint research

In addition, IREQ worked with numerous universities and research centres to explore a variety of specific topics.

Many research projects were carried out with École Polytechnique de Montréal, for example, in 1985. They included the characterization of cobalt steels with high cavitation resistance, the development of a model for calculating aerodynamic forces on the Darrieus wind turbine, and power system management and control. In addition, work was completed on the first stage of a study of chemical storage for hydrogen, while neutron activation analysis was performed to study contaminants in solid HV cable insulation. Research was also conducted on photoacoustic spectroscopy as a means to detect the presence of water in both solid and liquid insulating materials while measurements of photon-induced X-ray emission were performed for a study on electrochemical treeing.

Still in the field of transformer oils, the Institute collaborated with MIT in Boston in a study involving electro-optical measurement of the field and the space charges in these oils and in the solid insulation of extruded cables.

Laser-matter interaction phenomena are the subject of a joint research project with INRS-Énergie.

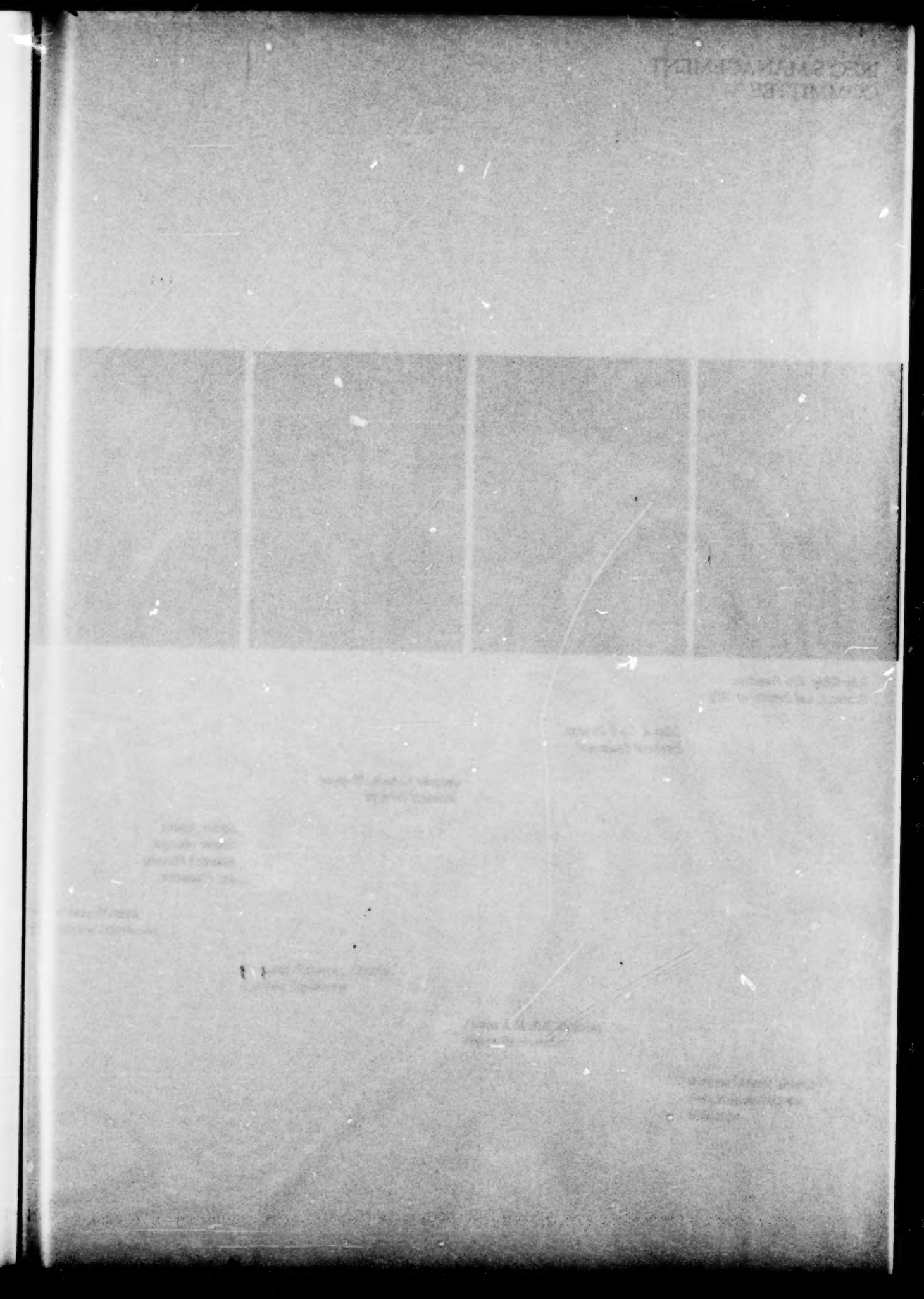
Under a contract with CODATEL, IREQ worked with the University of Sherbrooke on the construction of two test benches for projects related to the development of industrial applications of electricity. The first, a 250-kW installation for plasmas, makes use of the Institute's PLASMACAN technology, which should give rise to new metallurgical processes. The second serves for investigations into infrared radiation as a means of promoting the use of electricity in the textiles sector.

In another field of collaboration with the University of Sherbrooke, some IREQ researchers investigated the effects of acid rain on the corrosion of metals used for electrical applications, while others put the finishing touches to models of rotating machines, ready for operation by the Power System Studies and Simulation group. Finally, joint research is also under way on the design and manufacture of sensors for dynamic measurement of air gaps in electric machines and work has already begun on studies related to organic electrosynthesis.

Nuclear fusion, the energy source of the future, continued to be one of the Institute's research priorities in 1985. IREQ and MIT conducted further theoretical studies on the use of electromagnetic waves for heating tokamak plasmas; meanwhile, in cooperation with INRS-Énergie, IREQ pursued its research on laser fusion, in particular laser-matter interaction phenomena. The latter partners also contributed to a project under way with the University of Montreal on the construction of a tokamak device; this undertaking is financed equally by NRCC and Hydro-Québec.

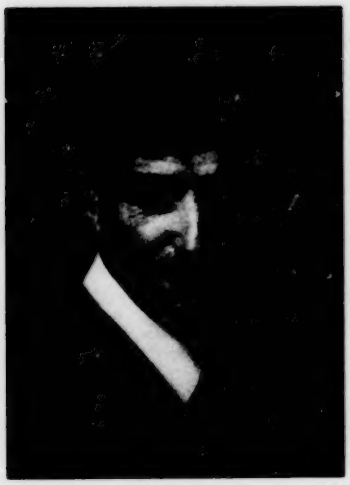
Another project in collaboration with the University of Montreal involves the development of polymer-electrolyte batteries. The main aim of the ACEP project, as it is called, is to develop a lightweight battery using a solid electrolyte.

Meanwhile, IREQ and McGill University have pooled their resources to study erosion of plasma torch electrodes exposed to different gases and to investigate amorphous magnetic materials in greater detail in order to determine how they can be used for building magnetic circuits.

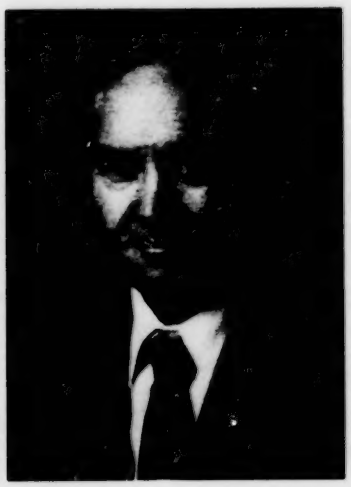


IREQ'S MANAGEMENT COMMITTEE

Toby Gilsig, Vice President, Research, and Director of IREQ



Gilles A. Baril, Director, Electrical Equipment



Jacques Hamelin, Manager, Technical Services

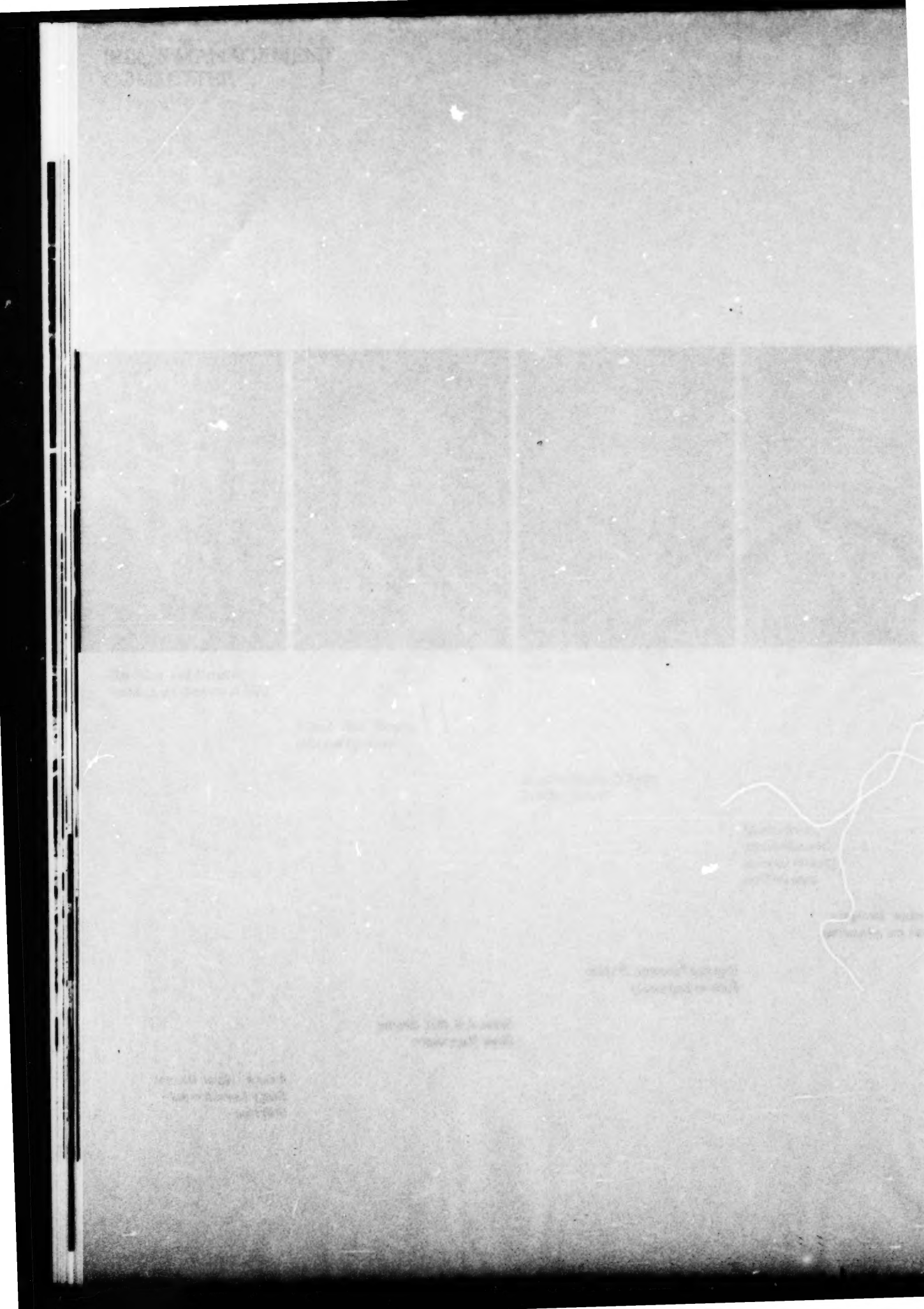
Gérard Juneau, Interim Manager, Research Planning and Promotion

Jean Lacasse, Manager,
Resources and Information

Raymond Pronovost, Director,
Systems Engineering

Farouk A.M. Rizk, Director,
Power Transmission

Antoine Théorêt, Director,
Energy Generation and
Utilization



The Director of the Institute congratulates those researchers whose work has been honored by the scientific community.

Dr. Raymond Bartnikas, Research Fellow, Energy Generation and Utilization, was named Fellow of the ASTM for his significant contributions to the field of electrical insulation. The ASTM also presented him with the Charles B. Dudley Award for two monographs on dielectrics and the Arnold H. Scott Award for outstanding achievement in the science of electrical insulation.

Dr. P. Sarma Maruvada, Manager, Electrical Performance of Transmission Lines, received a medal from the Indian Institute of Science in Bangalore, India, for his contribution to the field of high-voltage power transmission.

Dr. Ashok Vijh, Research Fellow, Energy Generation and Utilization, was made Fellow of the Royal Society of Canada for the originality of his research in electrochemistry and electrochemical physics.

IREQ

Fifteen years after it was created, Hydro-Québec's research institute remains one of the largest research centres in North America. It employs some 350 research scientists, test engineers and technicians in areas related to the generation, transmission, distribution and use of electricity.

IREQ has a triple role. Its first task is to conduct studies and tests to meet Hydro-Québec's own needs for scientific and technical expertise while, through collaboration agreements, it also makes its know-how available to outside clients.

Secondly, the Institute devotes an increasing proportion of its effort to the development of new products and processes and to the search for new industrial applications of electricity.

Thirdly, the long-term technological requirements of the utility and of industry at large are the subject of ongoing research, the present emphasis being on hydrogen, polymer-electrolyte batteries, robotics and nuclear fusion.

IREQ's research and testing facilities grow and develop with its activities. The high-voltage laboratory is equipped for tests at voltages of up to 1500 kV AC and ± 1200 kV DC, while the high-power laboratory is designed for testing power equipment for today's largest electrical systems. Other laboratories are available for studies related to system simulation, electronics, electrotechnologies, mechanics, metallurgy, chemistry, electrochemistry and radioisotopes.

IREQ offers a wide range of services and plays a leading part in the electrical energy sector. This involves close collaboration with the electrical industry, government bodies, and public utilities in Canada and abroad, as well as strong links with other research centres and universities.

The Institute's activities over the last fifteen years bear witness to its many-faceted role, and are the basis of its outstanding reputation throughout the world.

Legal Deposit – 2nd quarter 1986
Bibliothèque nationale du Québec
National Library of Canada
ISSN 0227-1826
ISBN 2-550-12794-3

Ce rapport est publié en langue française.